

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu • Työelämä • 2020:48

# Kaivosten sivukivien ja rikastushiekan hyödyntämis- mahdollisuudet – esiselvitys



Työ- ja elinkeinoministeriö  
Arbets- och näringsministeriet

# Kaivosten sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämismahdollisuudet – esiselvitys

Jarkko Vesa, Not Innovated Here – Laboratory of Creative Destruction

**Julkaisujen jakelu**

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston  
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-  
arkivet Valto

[julkaisut.valtioneuvosto.fi](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi)

**Julkaisumyynti**

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston  
verkkokirjakauppa**

Statsrådets  
nätbokhandel

[vnjulkaisumyynti.fi](https://vnjulkaisumyynti.fi)

Työ- ja elinkeinoministeriö

© 2021 tekijät ja työ- ja elinkeinoministeriö

ISBN pdf: 978-952-327-713-7

ISSN pdf: 1797-3562

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2021

## Kaivosten sivukivien ja rikastushiekan hyödyntämismahdollisuudet – esiselvitys

<b>Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisu 2021:48</b>	<b>Teema</b>	Yritykset
<b>Julkaisija</b>	Työ- ja elinkeinoministeriö	
<b>Tekijä/t</b>	Jarkko Vesa, Not Innovated Here – Laboratory of Creative Destruction	
<b>Kieli</b>	suomi	<b>Sivumäärä</b> 90
<b>Tiivistelmä</b>	<p>Kaivannaisjätteet edustavat merkittävää osuutta kaikesta Suomessa vuosittain syntyvästä jätteestä. Tämän esiselvityksen tavoitteena oli kartoittaa sivukivien ja rikastushiekojen hyödyntämisen tilannetta Suomessa. Kyseessä oli ns. scoping study, jossa kartoitettiin kaivannaisjätteiden hyödyntämiseen liittyviä tekijöitä mahdollisten jatkoselvitysten tai muiden toimenpiteiden tarpeen täsmentämiseksi. Esiselvitys toteutettiin huhtikuun 2021 aikana. Toteutuksesta vastasi konsulttiyritys Not Innovated Here – Laboratory of Creative Destruction. Päävastuu raportin laatimisesta on ollut kauppatieteiden tohtori Jarkko Vesalle, selvitystyötä ohjasivat Erja Fagerlund ja Riikka Aaltonen työ- ja elinkeinoministeriöstä. Esiselvityksen mukaan kaivannaisjätteiden hyödyntämisen tehostaminen on tärkeä teema, johon alan toimijoilla on halua ja kykyä tarttua. Sosiaalinen tilaus asialle on suuri, koska kaivosteollisuudella on tarve toimia kestävästi ja vastuullisesti. Kaivannaisjätteiden tehokkaampi hyödyntäminen edistäisi kansallisessa kiertotalousohjelmassa peräänkuulutetun neitseellisten luonnonvarojen kulutuksen hillitsemistä. Samalla säästyisi myös energiaa ja hiilidioksidipäästöt vähenisivät kun kertaalleen louhittua ja murskattua kiviainesta hyödynnettäisiin tehokkaasti. Kaivannaisjätteiden hyödyntämisen tehostamiseksi kaivataan yhteisen kansallisen tahtotilan muodostamista sekä laajempaa ja paremmin koordinoitua yhteistyötä. Myös kierrätysraaka-aineiden tarjonnan ja kysynnän kohtaamista tulisi tehostaa. Esiselvitys listaa taloudellisia ja lainsäädännöllisiä keinoja, joiden avulla voitaisiin tukea kaivannaisjätteen hyötykäyttöä. Kansallisen yhteistyön synnyttäminen vaatii aktiivisia toimenpiteitä. Tässä työssä työ- ja elinkeinoministeriö ja ympäristöministeriö ovat keskeisessä roolissa. Kaivannaisjätteiden hyödyntämistä on tutkittu paljon. Esiselvitys tarjoaa konkreettisia avauksia ja tunnistettuja pilottihankkeita käytännön toteutuksiin.</p>	
<b>Asiasanat</b>	yritykset, elinkeinot, kaivannaisjäte, sivukivi, rikastushiekka, kiertotalous, luonnonvarat, kaivostoiminta	
<b>ISBN PDF</b>	978-952-327-713-7	<b>ISSN PDF</b> 1797-3562
<b>Julkaisun osoite</b>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-713-7">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-713-7</a>	

## Möjligheterna att återvinna gråberg och anrikningssand i gruvor – förstudie

<b>Arbets- och näringsministeriets publikationer 2021:48</b>	<b>Tema</b>	<b>Företag</b>
<b>Utgivare</b>	Arbets- och näringsministeriet	
<b>Författare</b>	Jarkko Vesa, Not Innovated Here – Laboratory of Creative Destruction	
<b>Språk</b>	finska	<b>Sidantal</b> 90
<b>Referat</b>		
<p>Utvinningsavfallet utgör en betydande andel av allt avfall som årligen uppkommer i Finland. Syftet med denna förstudie var att kartlägga läget i fråga om återvinning av gråberg och anrikningssand i Finland. Den utfördes som en s.k. scoping study, det vill säga man kartlade olika faktorer som har samband med återvinning av utvinningsavfall för att precisera behovet av eventuella fortsatta utredningar eller andra åtgärder. Förstudien genomfördes under april 2021 av konsultföretaget Not Innovated Here – Laboratory of Creative Destruction. Ekonomie doktor Jarkko Vesa hade huvudansvaret för utarbetandet av rapporten, utredningsarbetet styrdes av Erja Fagerlund och Riikka Aaltonen från arbets- och näringsministeriet. Enligt förstudien är effektivisering av återvinningen av utvinningsavfall ett viktigt tema som aktörerna inom branschen vill och har förmåga att ta tag i. Det finns en stor social beställning på att utreda denna fråga, eftersom det inom gruvindustrin finns behov att driva verksamheten på ett hållbart och ansvarsfullt sätt. En effektivare återvinning av utvinningsavfall skulle bidra till att stävja användningen av jungfruliga naturresurser såsom efterlyses i det nationella programmet för cirkulär ekonomi. Samtidigt kan man också spara energi och minska koldioxidutsläppen då stenmaterial som redan har grävts upp och krossats återvins effektivt. För att effektivisera återvinningen av utvinningsavfall behövs det en gemensam nationell vilja samt ett mer omfattande och bättre samordnat samarbete. Också balansen mellan utbudet och efterfrågan på återvunna råvaror bör förbättras. I förstudien listas ekonomiska och lagstiftningsmässiga metoder med hjälp av vilka återvinningen av utvinningsavfall kan främjas. Det krävs aktiva åtgärder för att skapa nationellt samarbete. Arbets- och näringsministeriet och miljöministeriet är i nyckelroll i detta arbete. Återvinningen av utvinningsavfall har undersökts mycket. Förstudien erbjuder konkreta initiativ och identifierar pilotprojekt som kan genomföras i praktiken.</p>		
<b>Nyckelord</b>	företag, näringsgrenar, utvinningsavfall, gråberg, anrikningssand, kretsloppsekonomi, naturresurser, gruvdrift	
<b>ISBN PDF</b>	978-952-327-713-7	<b>ISSN PDF</b> 1797-3562
<b>URN-adress</b>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-713-7">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-713-7</a>	

## Utilisation possibilities of waste-rock and tailings – preliminary study

<b>Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment 2021:48</b>	<b>Subject</b>	Enterprises
<b>Publisher</b>	Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland	
<b>Author(s)</b>	Jarkko Vesa, Not Innovated Here – Laboratory of Creative Destruction	
<b>Language</b>	Finnish	<b>Pages</b> 90

**Abstract**

Extractive waste represents a significant proportion of all of Finland's annual waste. The objective of this preliminary study is to survey how the waste-rock and tailings are utilised in Finland. This was a so-called scoping study, in which the factors relating to the utilisation of extractive waste were surveyed to define the need for possible further clarifications or other measures. This preliminary study was implemented during April 2021. The consultant responsible for the implementation was Not Innovated Here – Laboratory of Creative Destruction. The main responsibility for the drafting of the report belonged to Jarkko Vesa, D.Sc. (Econ), and the research work was guided by Erja Fagerlund and Riikka Aaltonen from the Ministry of Economic Affairs and Employment. According to the preliminary study, the intensification of the utilisation of extractive waste is an important theme which operators in the field have the willingness and the ability to seize. The social demand for the matter is great because the mining industry has the need to operate sustainably and responsibly. More efficient utilisation of extractive waste would further curb the consumption of virgin natural resources promoted in the national circular economy plan. At the same time, energy would be saved and CO emissions would decrease as the excavated and crushed rock aggregates would be efficiently utilised. To enhance the utilisation of extractive waste, a joint national consensus is needed as well as more extensive and better coordinated cooperation. The harmonisation of supply and demand of secondary raw materials should also be promoted. The preliminary study lists financial and legislative means with which the utilisation of extractive waste could be supported. Creating national cooperation requires active measures. In this work, the Ministry of Economic Affairs and Employment and the Ministry of the Environment play a key role. The utilisation of extractive waste has been extensively studied. This preliminary study offers concrete openings and recognised pilot projects for practical implementation.

**Keywords** enterprises, means of livelihood, extractive waste, waste-rock, tailings, circular economy, natural resources, mining activities

<b>ISBN PDF</b>	978-952-327-713-7	<b>ISSN PDF</b>	1797-3562
<b>URN address</b>	<a href="http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-713-7">http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-713-7</a>		

# Sisältö

<b>LUKIJALLE</b> .....	8
<b>1 Johdanto</b> .....	10
1.1 Esiselvityksen toimeksianto .....	10
1.2 Kolme näkökulmaa .....	10
<b>2 Lähtötilanne</b> .....	12
2.1 Kaivannaisteollisuuden päätoimialat .....	12
2.2 Kaivosjätteiden määrä Suomessa .....	13
2.2.1 Metallimalmit ja karbonaattikivet .....	15
2.2.2 Muut teollisuusmineraalit ja teollisuuskivet .....	16
2.3 Kaivokset Suomessa .....	17
2.4 Käytöstä poistetut ja hylätyt kaivannaisjätealueet Suomessa .....	20
<b>3 Tekninen näkökulma</b> .....	22
3.1 Metallimalmit .....	22
3.2 Teollisuusmineraalit .....	22
3.2.1 Teollisuusmineraalien louhintamäärät .....	23
3.2.2 Teollisuusmineraalien tuotanto .....	25
3.3 Kaivannaisjätteet .....	27
3.3.1 Pysyvä kaivannaisjäte .....	28
3.3.2 Jätteiden ominaisuuksien tutkiminen .....	30
3.4 Sivukivi .....	30
3.4.1 Sivukiven hyödyntäminen .....	31
3.4.2 Sivukivien haitta-aineiden liukoisuus .....	32
3.5 Rikastushiekka .....	33
3.5.1 Rikastushiekan hyödyntämistavat .....	34
3.5.2 Rikastushiekkojen kilpailutilanne .....	36
3.5.3 Rikastushiekkojen käyttö keraamituotteissa .....	36
3.5.4 Rikastushiekkojen ympäristöystävällisempi varastointi .....	37
3.5.5 Rikastushiekkaan liittyviä tutkimushankkeita .....	37
3.5.5.1 KaiHaMe-tutkimushanke .....	38
3.5.5.2 Ceratail-projekti .....	39
3.5.5.3 Muita rikastushiekoihin liittyviä tutkimushankkeita .....	40
3.6 Kaivannaisjätteisiin liittyvää tutkimusta Euroopassa .....	41

<b>4</b>	<b>Taloudellinen näkökulma</b>	42
<b>5</b>	<b>Lainsäädäntö</b>	43
5.1	Kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisemisen ja vähentämisen BAT-tekniikat	45
5.2	VALTSU ja kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisy	47
5.3	Keskeistä lainsäädäntöä	47
5.3.1	Kaivoslaki	47
5.3.2	Ympäristönsuojelulaki ja ympäristölupa	50
5.3.3	Kaivannaisjäteasetus	53
5.3.4	Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA-laki)	54
<b>6</b>	<b>SWOT- kaivosjätteen hyödyntäminen</b>	58
6.1	Vahvuudet	59
6.2	Heikkoudet / haasteet	60
6.3	Mahdollisuudet	63
6.4	Uhat	66
<b>7</b>	<b>Toimenpide-ehdotukset</b>	67
7.1	Kaivannaisjätteiden jätehierarkia	67
7.2	Perustetaan yhteistyöfoorumi ja kansallinen sateenvarjohanke	68
7.3	Taloudelliset ja lainsäädännölliset keinot	70
<b>8</b>	<b>Keihäänkärkihankkeet</b>	72
8.1	Case GTK: Sivukivien ”Tinder”	72
8.1.1	Mineraalitalouden datainfran kehittäminen kestävyiden kiertotalouden näkökulmasta	72
8.1.2	Kaivosalan kestävyiden edistäminen datainfrastruktuuria kehittämällä	73
8.2	Case Keliber	75
8.2.1	Kiertotalous on ollut suunnittelukriteeri alusta asti	75
8.2.2	Keliber kaivosjätteiden kiertotalouden pilottihankkeena ja kehitysalustana	76
8.2.3	Keliberin pilottihankkeen kustannusarvio	77
8.3	Case rikastushiekka 3D-tulostetun betonin raaka-aineena – jätteestä kiertotaloustuote	78
8.3.1	3D-printatut aurinkokeräimet entisille turvetuotannon alueille	79
8.4	Case Helsinki-Tallinna-tunneli: 103 km pitkä kaivos	79
<b>9</b>	<b>Johtopäätökset</b>	82
<b>10</b>	<b>Tehdyt haastattelut</b>	84
<b>11</b>	<b>Sanasto</b>	85
<b>12</b>	<b>Lähteet</b>	88



## LUKIJALLE

Kaivannaisjätteet edustavat merkittävää osuutta kaikesta Suomessa vuosittain syntyvästä jätteestä. Tämän esiselvityksen tavoitteena oli kartoittaa kaivannaisjätteiden hyödyntämisen nykytilannetta Suomessa. Kyseessä oli ns. scoping study, jossa kartoitettiin sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämiseen liittyviä tekijöitä mahdollisten jatkoselvitysten tai muiden toimenpiteiden tarpeen täsmentämiseksi. Toimeksiannossa todettiin, että kansallisen strategisen kiertotalousohjelman toimeenpanon ja elinkeinopolitiikan rajapintana on ajankohtaista selvittää suomalaista potentiaalia ja mahdollisia pullonkauloja kaivosten sivukivien hyödyntämisessä.

Esiselvitys toteutettiin huhtikuun 2021 aikana. Toteutuksesta vastasi konsulttiyritys Not Innovated Here – Laboratory of Creative Destruction. Päävastuu raportin laatimisesta on ollut kauppatieteiden tohtori Jarkko Vesalla. Kiitämme kaikkia selvityksen tekemiseen osallistuneita henkilöitä heidän arvokkaista näkemyksistään kaivosten sivukivien ja rikastushiekkojen kiertotalouden edistämiseksi.

Esiselvityksen viesti oli selvä: kaivannaisjätteiden hyödyntämisen tehostaminen on tärkeä teema, johon alan toimijoilla on halua ja kykyä tarttua. Sosiaalinen tilaus asialle on vahva, koska kaivosteollisuudella on kovat paineet toimia kestävästi ja vastuullisesti. Toisaalta kaivannaisjätteiden tehokkaampi hyödyntäminen mahdollistaisi omalta osaltaan kansallisessa kiertotalousohjelmassakin peräänkuulutetun neitseellisten luonnonvarojen kulutuksen hillitsemistä. Samalla säästyisi myös energiaa ja hiilidioksidipäästöt pienenisivät, kun kertaalleen kaivettua ja murskattua kiviainesta hyödynnettäisiin, puhumattakaan luontoarvoista ja biodiversiteetistä.

Kaivannaisjätteiden hyödyntämisen tehostamiseksi kaivataan yhteisen kansallisen tahtotilan muodostamista sekä laajempaa ja paremmin koordinoitua yhteistyötä. Myös kierrätysraaka-aineiden tarjonnan ja kysynnän kohtaamista tulisi tehostaa. Taloudellisin ja lainsäädännöllisin keinoin voitaisiin myös tukea kaivannaisjätteen hyötykäyttöä.

Työ- ja elinkeinoministeriölle olisi kaivannaisjätteiden hyödyntämisen edistämisessä ja laaja-alaisen kansallisen yhteistyön synnyttämisessä tarjolla kättilön rooli, sillä kansallisen yhteistyön synnyttäminen vaatii aktiivisia toimenpiteitä. Vuosittain syntyvän sivukivi- ja rikastushiekkajätteen massa on valtava ja sen lepokitka on suuri. Tarvitaan työtä ja energiaa, jotta massat saadaan liikkeelle. Tässä työssä työ- ja elinkeinoministeriö yhdessä

ympäristöministeriön, Kaivosteollisuus ry:n ja alan muiden keskeisten toimijoiden (GTK, VTT, viranomaiset, yliopistot) kanssa on tärkeässä roolissa.

Sivukivien ja varsinkin rikastushiekan hyödyntämistä on tutkittu Suomessa paljon ja erilaisia pilottihankkeita on tehty runsaasti. Ajatus näitä hankkeita yhteen kokoavasta sateenvarjohankkeesta sai vahvaa tukea haastatteluissa. Haastatteluissa toivottiin kaivannaisjätteen hyödyntämisen edistämiseen ilmiöpohjaista tarkastelua, jotta eri toimijat isoista kaivosyhtiöistä pk- ja startup-yrityksiin saataisiin yhdessä kehittämään innovatiivisia ratkaisua ongelman, tai pikemmin haasteen, ratkaisemiseksi.

Esiselvityksessä tunnistettiin useita innovatiivisia keihäänkärkihankkeita ja koottiin yhteen tietoa kaivannaisjätteiden hyödyntämiseen liittyvästä tutkimuksesta. Yrityksiltä löytyy ns. lapiovalmiita hankkeita, joissa tutkimushankkeissa kehitettyjä menetelmiä voitaisiin lähteä skaalaamaan teolliseen mittakaavaan. Työ- ja elinkeinoministeriö voisi ottaa yhdessä tekemisessä lennonjohtajan roolin: yritykset edistävät hankkeita yhdessä tutkimusmaailman kanssa, ministeriöt ja muut viranomaiset poistavat esteitä hankkeiden tieltä ja varmistavat, että ihmiset ja ideat liikkuvat hankkeiden välillä.

Lopuksi on vielä todettava, että esiselvityksen tekijän näkökulmasta oli hienoa huomata, kuinka positiivinen asenne alan toimijoilla oli hakea ratkaisua kaivannaisjätteiden tehokkaampaan hyödyntämiseen, ja kuinka paljon Suomessa on tutkimushankkeissa jo tehty työtä ratkaisujen kehittämiseksi esimerkiksi rikastushiekan hyödyntämiseen. Allekirjoittanutta yllätti erityisesti se, miten paljon ratkaisuisa hyödynnettiin edistyksellistä tietotekniikkaa, kuten 3D-tulostusta, droneja, satelliittipaikannusta, antureita, 3D-mallinnusta ja vaativaa analytiikkaa. Kierrätysmateriaalien käyttökohteina nousivat esiin energiavarastot sekä aurinko- ja tuulivoimalat, joten voidaan puhua todellisista ”digivihreistä” hankkeista.

KTT Jarkko Vesa  
Toukokuu 2021

# 1 Johdanto

## 1.1 Esiselvityksen toimeksianto

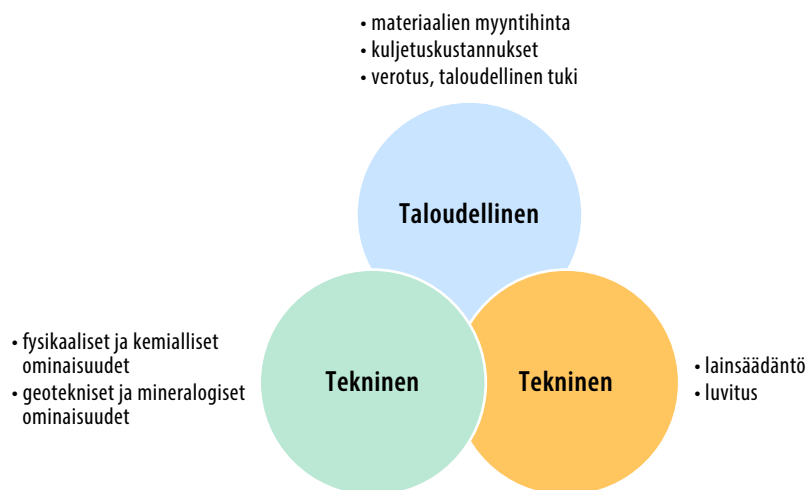
Huhtikuussa 2021 toteutetun esiselvityksen tavoitteena oli kartoittaa kaivosten sivukivien ja muiden ns. jättemateriaalien hyödyntämiseen liittyviä tekijöitä mahdollisten jatkoselvitysten ja muiden jatkotoimenpiteiden tarpeen täsmentämiseksi. Kansallisen strategisen kiertotalousohjelman ja elinkeinopolitiikan rajapintana on ajankohtaista selvittää suomalaista potentiaalia ja pullonkauloja kaivosten sivukivien hyödyntämismahdollisuuksista. Tilannekartoitus hyödyntää lisäksi mahdollisten ohjauskeinojen tarpeen ja vaikuttavuuden arvioimista, jota tarvitaan vuoden 2021 aikana.

## 1.2 Kolme näkökulmaa

Esiselvityksessä tarkasteltiin kaivosten sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämismahdollisuuksia kolmesta eri näkökulmasta:

1. **Tekninen näkökulma:** sivukivien ja rikastushiekkojen fysikaaliset, kemialliset, geotekniset ja mineralogiset ominaisuudet
2. **Taloudellinen näkökulma:** sivukiven ja rikastushiekkojen myyntihinta, kuljetuskustannukset, verotus
3. **Juridinen näkökulma:** lainsäädäntö, hallintomenettelyt, luvitus.

**Kuva 1.** Esiselvityksen kolme näkökulmaa



## 2 Lähtötilanne

### 2.1 Kaivannaisteollisuuden päätoimialat

Kaivannaisteollisuus koostuu kolmesta päätoimialasta, jotka ovat kaivosteollisuus, kiviainesteollisuus ja luonnonkiviteollisuus.<sup>1</sup>

1. **Kaivosteollisuus** kattaa metallisten malmien louhinnan ja jalostuksen sekä teollisuusmineraalituotannon. Metallikaivosten louhintamäärien odotetaan kasvavan lähitulevaisuudessa moninkertaiseksi aikaisempiin vuosiin verrattuna ja myös kaivosten sivukivimäärien odotetaan lisääntyvän samassa suhteessa. Metallisten malmien ja teollisuusmineraalien louhinta oli vuoden 2009 tilastojen perusteella noin 55 miljoonaa tonnia, josta sivukiven osuus oli noin 31 miljoonaa tonnia (Tuusjärvi et al. 2010). Tukesin tilastojen mukaan vuonna 2020 louhinta olisi 115,2 miljoonaa tonnia ja sivukiven osuus 66,7 miljoonaa tonnia. Sivukiven prosentuaalinen osuus on siis noussut hieman (56,4 % vuonna 2009 vs. 57,9 % vuonna 2020).
2. **Kiviainesteollisuus** pitää sisällään rakentamisessa tarvittavien hiekan, soran ja kalliokiviaineksen sekä niistä jalostetut tuotteet. Kiviainesteollisuus tuottaa raaka-aineet myös mm. betoniteollisuudelle ja asfaltin kiviainekseksi. Kiviainesteollisuuden tuotanto on Suomessa asukaslukuun nähden suurta. Alalla toimii runsaasti pk-yrityksiä ja se työllistää erityisesti louhinta- ja kuljetusalan yrityksiä. Kiviainesteollisuuden sivutuotteina syntyy pienehköjä määriä käyttämätöntä louhittua materiaalia sekä jalostuksen tuloksena mm. kivituhkaa. Kiviainesteollisuuden vuosittainen kokonaistuotanto on viime vuosina tilastojen mukaan ollut noin 100 miljoonaa tonnia (Tuusjärvi et al. 2010).
3. **Luonnonkiviteollisuus** on kaivannaisteollisuuden toimialoista pienin ja se koostuu rakentamisessa käytettävien muotoiltujen kivilohkareiden ja tuotteiden valmistuksesta. Luonnonkiviteollisuudessa syntyvä sivukivien koostumus vastaa yleensä tuotteiden koostumusta. Luonnonkiviteollisuuden kokonaislouhinta oli vuonna 2009 noin 3,1 miljoonaa.

<sup>1</sup> Kaivannaisjätteiden luokittelu pysyväksi. Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21/2011. Ympäristöministeriö.

## 2.2 Kaivosjätteiden määrä Suomessa

Tilastokeskuksen<sup>2</sup> mukaan Suomen jätteistä valtaosa eli noin 90 prosenttia (vuoden 2018 tilanne) on kaivostoiminnasta ja louhinnasta sekä rakentamisesta syntyvää mineraalijätettä. Vuonna 2018 myös suurin osa käsiteltävästä jätteestä oli kaivosalueille läjitettävää mineraalijätettä, kertoo Tilastokeskus.

Vuonna 2018 kaivosten jätemäärä oli kokonaisuudessaan 96 miljoonaa tonnia eli yli 75 % kaikista Suomen jätteistä. Kun mukaan lasketaan myös muiden sektoreiden jätemäärät, mineraalinen jäte kattaa noin 90 prosenttia Suomessa syntyvästä jätemäärästä<sup>3</sup>.

Mineraalijätteitä syntyy siellä missä mineraaleja on, ja sen paino tonneissa on muuta jätettä huomattavasti korkeampi. Eri maiden erilaiset talousjärjestelmän rakenteet vaikuttavat merkittävästi eri jätteiden määriin, ja näin ollen Eurostat ilmoittaa vertailukelpoisuuden vuoksi tilastot myös ilman suurimpia mineraalijäte-eriä.

**Kuva 2.** Kokonaisjätemäärä ja jäteintensiteetti kokonaisuudessaan ja ilman kaivosjätteitä vuosina 2010–2018. (Lähde: Tilastokeskus 2020<sup>4</sup>)



2 Kiertotalousliiketoiminnan indikaattorit, kokonaisjätemäärä ja jäteintensiteetti. Tilastokeskus 2020.

3 Official Statistics of Finland (OSF): Waste statistics [e-publication]. ISSN=2323-5314. 2018. Helsinki: Statistics Finland.

4 Kiertotalousliiketoiminnan indikaattorit, kokonaisjätemäärä ja jäteintensiteetti. Tilastokeskus 2020.

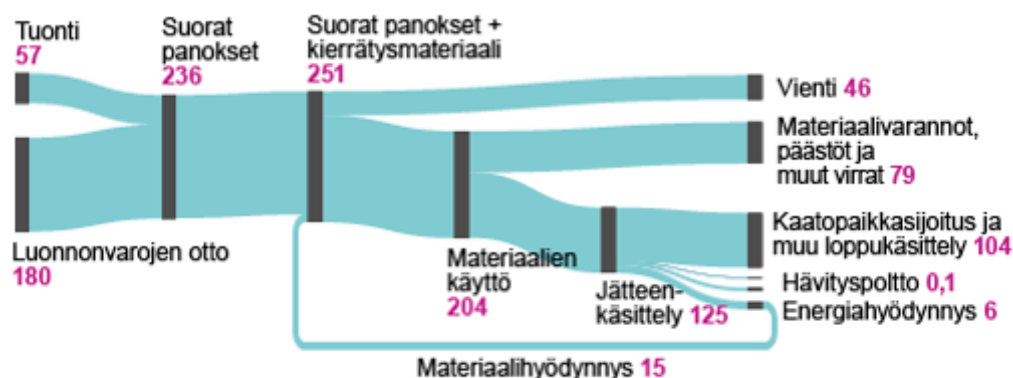
Paljon materiaalia päätyy jätteeksi jo tuotantoprosessin aikana<sup>5</sup>. Vuonna 2017 Suomen kaivosten kokonaisnostosta 71 % päätyi rikastushiekaksi kaatopaikalle<sup>6</sup>. Kaivosten 124 miljoonan tonnin kokonaisnostosta 46 miljoonaa tonnia rikastettiin tai muuten jalostettiin vuonna 2017. Jäljelle jäi noin 78 miljoonaa tonnia sivukiveä ja poistettua maata, kertoi Tilastokeskus uutisessaan 2019.

Materiaalien kiertoa taloudessa voidaan kuvata kotimaisen luonnonvarojen käytön, jätteiden käsittelyn ja päästöjen avulla. Toistaiseksi vain hyvin pieni osa kaikesta käytetystä materiaalista tulee materiaalihyödyntämisestä.

Kuvassa 3 esitetyssä materiaalivirtakaaviossa havainnollistuu kalenterivuoden aikana otetut neitseelliset materiaalit, niiden käyttö sekä päätyminen eri jätteenkäsittelyihin. Kaaviossa on huomioitu materiaalien tuonti ja vienti sekä kierrätettyjen jätteiden paluu kiertoon.

Materiaalivarannot, päästöt ja muut virrat on laskennallinen arvio ja perustuu siihen materiaalimäärään, joka ei päädy kalenterivuoden aikana jätteenkäsittelyyn, eli joka varastoituu materiaalina kulutukseen tai päättyy päästönä esimerkiksi ilmaan. Luvut on ilmaistu miljoonina tonneina. Suurin osa Suomen materiaalivirroista on ei-metallisia mineraaleja.

**Kuva 3.** Materiaalien kierto kuvattuna Sankey-diagrammissa tilastovuodelta 2018. (Lähde: Tilastokeskus 2020<sup>7</sup>)



<sup>5</sup> Suunnitellaan jäte pois – kaivosteollisuuden sivuvirroista arvokasta raaka-ainetta. VTT 20.8.2020.

<sup>6</sup> Kaivosten kokonaisnostosta valtaosa päättyy jätteeksi. Tilastokeskus 27.3.2019.

<sup>7</sup> Materiaalien kierto kuvattuna Sankey-diagrammissa tilastovuodelta 2018. Tilastokeskus 2020.

## 2.2.1 Metallimalmit ja karbonaattikivet

Taulukossa 1 alla on esitetty Tukesin<sup>8</sup> kokoamat tilastotiedot vuoriteollisuudesta vuodelta 2020 metallimalmien ja karbonaattikivien osalta.

**Taulukko 1.** Metallimalmien ja karbonaattikivien määrä vuonna 2020 (Tukes 2021)

Kaivos/Louhos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu (t)	Malmia tai hyötykiveä (t)	Sivukiveä (t)
<b>Metallimalmit</b>						
Kittilä	Kittilä	Au	Agnico Eagle Finland Oy	3 045 878	1 848 666	1 197 212
Jokisivu	Huittinen	Au	Dragon Mining Oy	350 928	288 641	62 287
Kaapelinkulma	Valkeakoski	Au	Dragon Mining Oy	509 014	52 629	456 385
Hopeakaivos	Sotkamo	Ag, Au, Pb, Zn	Sotkamo Silver Oy	760 314	542 601	217 713
Kevitsa	Sodankylä	Ni, Cu, PGE	Boliden Kevitsa Mining Oy	39 452 195	9 489 822	29 962 373
Kylylahti	Polvijärvi	Cu, Zn, Ni, Co	Boliden Kylylahti Oy	642 775	642 775	0
Kemi	Keminmaa	Cr	Outokumpu Chrome Oy	2 782 873	2 293 330	489 543
Pyhäsalmi	Pyhäjärvi	Cu, Zn, S	Pyhäsalmi Mine Oy	756 307	756 307	0
Terrafame	Sotkamo, Kajaani	Zn, Cu, Ni	Terrafame Oy	33 382 992	16 869 520	16 513 472
<b>Yhteensä 9 kpl</b>				<b>81 683 276</b>	<b>32 784 291</b>	<b>48 898 985</b>
<b>Karbonaattikivet</b>						
Ruokolanvaara	Juuka	Do	Juuan Dolomiittikalkki Oy	14 000	14 000	0
Reetinniemi	Paltamo	Do	Juuan Dolomiittikalkki Oy	1 300	1 300	0
Heponiemi	Paltamo	Do	Juuan Dolomiittikalkki Oy	10 500	10 500	0
Kalkkisilta	Salo	Kals	Lesel Oy	6 000	0	6 000
Matkusjoki	Huittinen	Do	Nordkalk Oy Ab	52 021	32 531	19 490
Putkinotko	Huittinen	Kals	Nordkalk Oy Ab	20 890	20 420	470
Ahola	Kitee	Do	Nordkalk Oy Ab	13 440	13 440	0
Ihalainen	Lappeenranta	Kals, Wo	Nordkalk Oy Ab	1 585 322	1 222 455	362 867
Tytyri	Lohja	Kals	Nordkalk Oy Ab	231 157	221 290	9 867

8 Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Tukes. <https://tukes.fi/documents/5470659/6373016/Tilastotietoja+-vuoriteollisuudesta+2020.pdf/c238be96-b1d4-19e9-95d3-fe054b5c8b11/Tilastotietoja+vuoriteollisuudesta+2020.pdf>



Limberg-Skräbböle	Parainen	Kals	Nordkalk Oy Ab	2 129 129	1 499 255	629 874
Sipoo	Sipoo	Do, Kals	Nordkalk Oy Ab	4 280	3 760	520
Ryytimaa	Vimpeli	Do	Nordkalk Oy Ab	93 962	72 752	21 210
Vesterbacka	Vimpeli	Do	Nordkalk Oy Ab	16 207	15 697	510
Hyypiämäki	Salo	Kals	Salon Mineraali Oy	378 653	87 997	290 656
Ankele	Pieksämäki	Do	SMA Mineral Oy	75 954	51 622	24 332
Kalkkima	Tornio	Do	SMA Mineral Oy	67 761	67 761	0
<b>Yhteensä 16 kpl</b>				<b>4 700 576</b>	<b>3 334 780</b>	<b>1 365 796</b>

## 2.2.2 Muut teollisuusmineraalit ja teollisuuskivet

Taulukossa 2 on esitetty Tukesin<sup>9</sup> kokoamat tilastotiedot vuoriteollisuudesta vuodelta 2020 muiden teollisuusmineraalien osalta.

**Taulukko 2.** Muut teollisuusmineraalit ja teollisuuskivet (Tukes 2021)

Kaivos/Louhos	Kunta	Tärkeimmät arvoaineet	Haltija	Yhteensä nostettu (t)	Malmia tai hyötykiveä (t)	Sivukiveä (t)
<b>Muut teollisuusmineraalit</b>						
Siilinjärvi	Siilinjärvi	Ap	Yara Suomi Oy	24 373 087	10 825 723	13 547 364
Horsmanaho	Polvijärvi	Tlk, Ni	Elementis Minerals B.V.	513 295	79 771	433 524
Punasuo	Sotkamo	Tlk, Ni	Elementis Minerals B.V.	1 592 673	408 007	1 184 666
Uutela	Sotkamo	Tlk, Ni	Elementis Minerals B.V.	372 656	135 619	237 037
Karnukka	Polvijärvi	Tlk, Ni	Elementis Minerals B.V.	1 109 960	324 020	785 940
Joutsenenlampi	Lapinlahti	Al	Paroc Oy Ab	97 774	87 343	10 431
Lehlampi	Mäntyharju	Ol	Paroc Oy Ab	64 044	64 044	0
Sallittu	Salo	Al, Mg, Fe, Ms	Paroc Oy Ab	28 020	28 020	0
Ybbersnäs	Parainen	Al, Mg, Ms, Kv	Paroc Oy Ab	16 911	16 911	0
Sälpä	Kemiönsaari	Ms	Sibelco Nordic Oy Ab	38 814	38 814	0

<sup>9</sup> Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Tukes. <https://tukes.fi/documents/5470659/6373016/Tilastotietoja+vuoriteollisuudesta+2020.pdf/c238be96-b1d4-19e9-95d3-fe054b5c8b11/Tilastotietoja+vuoriteollisuudesta+2020.pdf>

Kyrkoberget	Kemiönsaari	Ms	Sibelco Nordic Oy Ab	23 838	23 838	0
Lemnästräsk	Kemiönsaari	Kv, Ms	Sibelco Nordic Oy Ab	14 832	14 832	0
Ristimaa	Tornio	Kv	SMA Mineral Oy	538 048	285 664	252 384
<b>Yhteensä 13 kpl</b>				<b>28 783 952</b>	<b>12 332 606</b>	<b>16 451 346</b>
<b>Teollisuuskivet ja muut</b>						
Lampivaara	Pelkosenniemi	Jk	Kaivosyhtiö Arctic Ametisti Oy	11	1	10
Tevalaisen spektrol.louh.	Lappeenranta	Jk	Tielinen Teuvo ym.	15	0	15
Nunnanlahti	Juuka	Vlk	Nunnanlahden Uuni Oy	22 885	21 325	1 560
Koskela	Juuka	Vlk	Tulikivi Oyj	160 712	29 712	131 000
Vaoralampi	Juuka	Vlk	Tulikivi Oyj	9 456	9 456	0
Kivikangas	Suomussalmi	Vlk	Tulikivi Oyj	82 782	82 782	0
Mörönmuori	Savonlinna	Vlk	Polarstone Oy	122	62	60
<b>Yhteensä 7 kpl</b>				<b>275 983</b>	<b>143 338</b>	<b>132 645</b>
<b>Kaivoksia/louhoksia yhteensä 45 kpl</b>				<b>115 443 787</b>	<b>48 595 015</b>	<b>66 848 772</b>

## 2.3 Kaivokset Suomessa

Suomessa toimi vuonna 2020 yhteensä 45 kaivosta. Kaivosten tuotantomäärät, tekniset ratkaisut ja tuotannon kesto vaihtelevat voimakkaasti malmiesiintymän ja sijaintipaikan olosuhteiden mukaan. Samoin kaivosten päästöt ja ympäristövaikutukset eroavat tapauskohtaisesti merkittävästi toisistaan.<sup>10</sup>

10 Kauppila, P. et al. (2011). Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt.

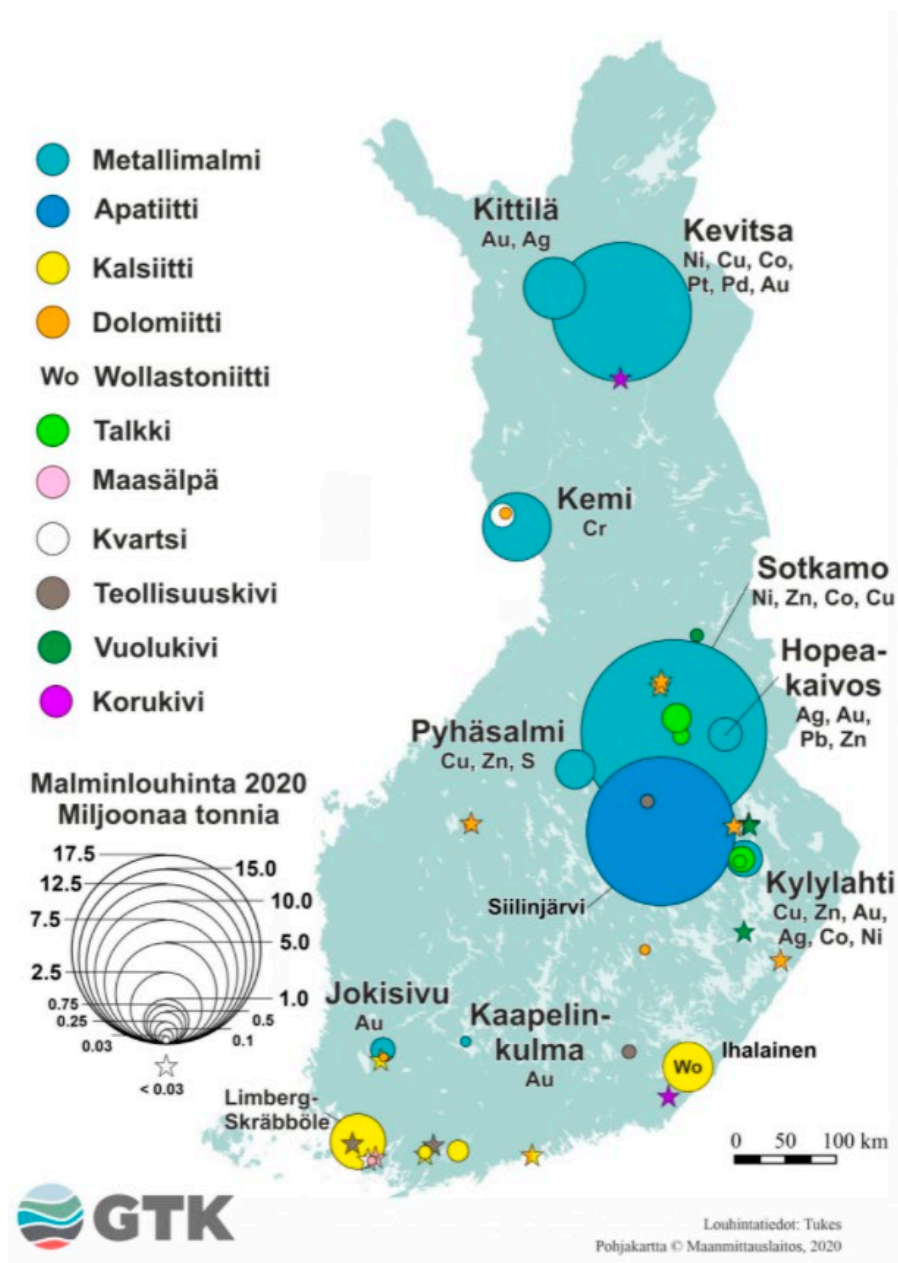
GTK on koonnut yhteenvedon Suomessa toimivista kaivoksista ja kaivosprojekteista (kuva 4 alla).

**Kuva 4.** Suomen kaivokset ja kaivosprojektit Suomessa 2021. (Lähde: GTK, Kaiva.fi-sivusto<sup>11</sup>)



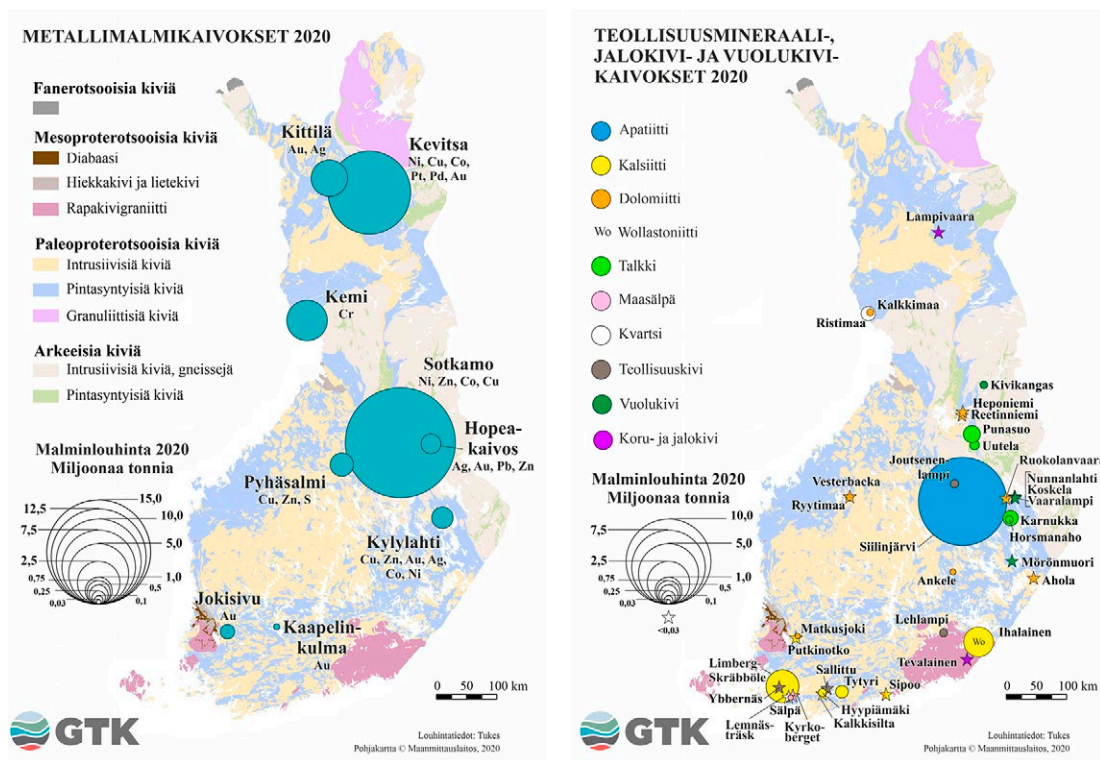
11 Kaivokset Suomessa. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/>

Kuva 5. Malmilouhinnan määrä Suomen kaivoksissa 2020 (Lähde: GTK, Kaiva.fi-sivusto<sup>12</sup>)



12 Kaivokset Suomessa. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/>

**Kuva 6.** Metallimalmikaivokset 2020 (vas.) sekä teollisuusmineraali-, jalokivi- ja vuolukivikaivokset 2020 (oik.). (Lähde: GTK, Kaiva.fi-sivusto<sup>13</sup>)



## 2.4 Käytöstä poistettu ja hylätyt kaivannaisjätealueet Suomessa

Kaivannaisjätedirektiivin (2006/21/EY) 20 artiklan mukaisesti käytöstä poistetut tai hylätyt vakavaa ympäristön pilaantumista tai ympäristölle mahdollista vaaraa aiheuttavat kaivannaisjätteen jätealueet tulee luetteloida ja tieto olla julkisesti saatavilla.

Suomen käytöstä poistetut tai hylätyt vakavaa ympäristön pilaantumista tai ympäristölle mahdollista vaaraa aiheuttavat kaivannaisjätteiden jätealueet luetteloitiin ja julkaistiin direktiivin edellyttämällä tavalla vuonna 2012. Luettelo perustui vuosina 2011–2013 toteutettuun KAJAK I -hankkeeseen. Hankkeen loppuraportissa esitettiin 30 kaivoksen kaivannaisjätealueelle jatkotoimenpidetarpeet, joita selvitettiin tarkemmin KAJAK II -jatkohankkeessa. KAJAK I ja II -hankkeiden myötä pilaantumista tai sen vaaraa aiheuttavat alueet on

13 Kaivostoiminta, Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/>

luetteloitu ja priorisoitu tausta-aineiston ja ympäristövaikutusten pohjalta. Seuraavaksi näillä jätealueilla tulee tehdä tarkemmat ympäristötutkimukset, selvittää kunnostusvaihtoehtot ja niiden kustannukset sekä tehdä päätökset kunnostettavista kohteista. KAJAK II -hankkeen perusteella tarkempia ympäristötutkimuksia tulee tehdä 19 kaivosalueella.

Vuoden 2012 luettelo on päivitetty 9.1.2020. Päivitetyssä luettelossa on 31 kaivosaluetta, joilla on 42 kaivannaisjätteen jätealuetta. KAJAK III -hankkeessa (2018–2020) on laadittu ohje ja toimintamalli kaivannaisjätteiden jätealueiden tarkempia tutkimuksia ja kunnostustarpeen arviointia varten.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup> Kaivannaisjätteet. Ymparisto.fi-sivusto. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus\\_ja\\_tuotanto/jatteen\\_ja\\_jatehuolto/jatehuollon\\_vastuut\\_ja\\_jarjestaminen/Kaivannaisjatteet](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/jatteen_ja_jatehuolto/jatehuollon_vastuut_ja_jarjestaminen/Kaivannaisjatteet)

## 3 Tekninen näkökulma

### 3.1 Metallimalmit

Malmi on kivi, jota voidaan hyödyntää kannattavasti. Kyseessä on siis taloudellinen käsite. Keskeinen kysymys kaivoksille on, mikä osa kannattaa ottaa talteen malmina.

*Malmi on taloudellinen käsite: malmi on kivi, joka lisää projektin nykyarvoa (NPV). Käytännössä malmisyötteen arvon on katettava käyttökustannukset, korot, verot, poistot ja yritykselle tuleva voitto. Lisämalmin on katettava välittömät käyttökulut ja ”vähän päälle” (jos rikastamalla on ylimääräistä kapasiteettia). Markus Ekberg, FinnCobalt, 25.3.2021.*

Metalliset malmit määritellään malmeiksi, jotka sisältävät arvometallien muodostamia mineraaleja, joista metallit erotetaan rikastusteknisin tai metallurgisin keinoin.

Metallimalmien arvometallit jaotellaan tavallisesti

- rauta- ja raudanseosmetallit (Fe, Mn, V, Cr, Ni, Mo, W, Co)
- **perusmetalleihin (Cu, Pb, Zn, Sn)**
- kevytmetalleihin (esim. Li, Mg, Be, Ti, Al, Na)
- harvinaisiin metalleihin (esim. Li, Be, Sn, Ga, Zr, Nb)
- **jalometalleihin (Au, Ag, Pt, Pd)**
- radioaktiivisiin metalleihin (U, Th)

Suomessa on perinteisesti louhittu perus- ja jalometalleja.<sup>15</sup>

### 3.2 Teollisuusmineraalit

Teollisuusmineraaleihin kuuluvat kaikki sellaiset mineraalit ja kivilajit, joilla on teollista käyttöä, lukuun ottamatta metallisia malmeja, mineraalisia polttoaineita ja jalokiviä. Teollisuusmineraalien käyttö perustuu niiden kemiallisiin ja fysikaalisiin ominaisuuksiin. Suomessa yleisimmin tuotettuja teollisuusmineraaleja ovat kalsiitti ja dolomiitti (karbonaatit), apatiitti, talkki, kvartsi, maasälvät, wollastoniitti ja biotiitti. Myös teollisuuskievet voidaan

<sup>15</sup> Kauppila, P. et al. (2011). Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt.

lukea teollisuusmineraaleihin kuuluviksi. Teollisuuskiviksi luokitellaan sellaiset kivet, jotka sellaisenaan ilman erityistä rikastamista kelpaavat teolliseen käyttöön, esimerkiksi vuoriviljan raaka-aineeksi. Rajankäynti metallimalmimineraalien ja teollisuusmineraalien välillä ei ole aina yksiselitteinen. Esimerkiksi harvinaiset maametallit luetaan yleensä teollisuusmineraaleihin kuuluviksi ja metallimalmimineraalit kromiitti ja ilmeniitti ovat eräissä käyttö-tarkoituksissaan myös teollisuusmineraaleja.<sup>16</sup>

Teollisuusmineraaleilla on laaja kirjo erilaisia käyttötarkoituksia ja käyttökohteita. Niitä käytetään mm. erilaisten paperilaatujen täyte- ja pinnoitusaineina, ja tavallisten paperilaatujen painosta 10–30 % koostuu mineraaleista (talkki, kaoliini, karbonaatit, kipsi, titaanioksiidi). Teollisuusmineraaleja käytetään myös muovien valmistuksessa, väriaineina maaleissa, kosmeettisissa tuotteissa, lämpöeristeissä (mineraalivilla) sekä lasin ja posliinin valmistuksessa.

Suomessa tuotetaan teollisuusmineraaleista eniten kalsiittia ja dolomiittia. Karbonaattikiviä on tuotettu hyötykäyttöön vuosittain noin 3–6 miljoonaa tonnia (Mt) 1970-luvun alusta lähtien. Apatiitti on ollut toiseksi tuotetuin ja talkki kolmanneksi tuotetuin teollisuusmineraali 1980-luvun alusta lähtien. Viime vuosina apatiittia on tuotettu noin 900 000 t eli noin kaksinkertainen määrä talkkiin verrattuna. Tällä vuosikymmenellä apatiitin tuotannon trendi on kasvava, mutta talkin tuotannon trendi on laskeva. Siilinjärven apatiittikaivos on Länsi-Euroopan ainoa toiminnassa oleva fosfaattikaivos. Sen merkitystä korostaa se, että vuonna 2013 fosfaatti lisättiin EU:n määrittelemien kriittisten raaka-aineiden joukkoon ja maailmassa fosforilannoitteiden käytön odotetaan kasvavan ihmisten väkiluvun ja elintason nousun myötä. Suomi on myös Euroopan suurin talkintuottaja ja suurimpia wollastoniitin tuottajia. EU luokittelee talkin ei-kriittiseksi mutta taloudellisesti merkittäväksi raaka-aineeksi.<sup>17</sup>

### 3.2.1 Teollisuusmineraalien louhintamäärät

Teollisuusmineraalimalmeja louhittiin 1970-luvulla vuosittain noin 5 Mt. Siilinjärven apatiittikaivos aloitti toimintansa vuonna 1980, ja sen jälkeinen teollisuusmineraalimalmien louhinnan kasvu johtuukin enimmäkseen malminlouhinnan kasvusta Siilinjärven kaivoksessa. Siilinjärven vuotuinen malminlouhinnan määrä on pysynyt 5 Mt rajan yläpuolella vuodesta 1983, ja kuluvalle vuosikymmenelle kaivoksesta on louhittu malmeja vuosittain yli 10 Mt kaikkina muina vuosina paitsi 2012. Apatiittikaivos onkin ollut malmin

16 Teollisuusmineraalikaivokset. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/teollisuusmineraalikaivokset/#louhintamaarat>

17 Teollisuusmineraalikaivokset. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/teollisuusmineraalikaivokset/#louhintamaarat>

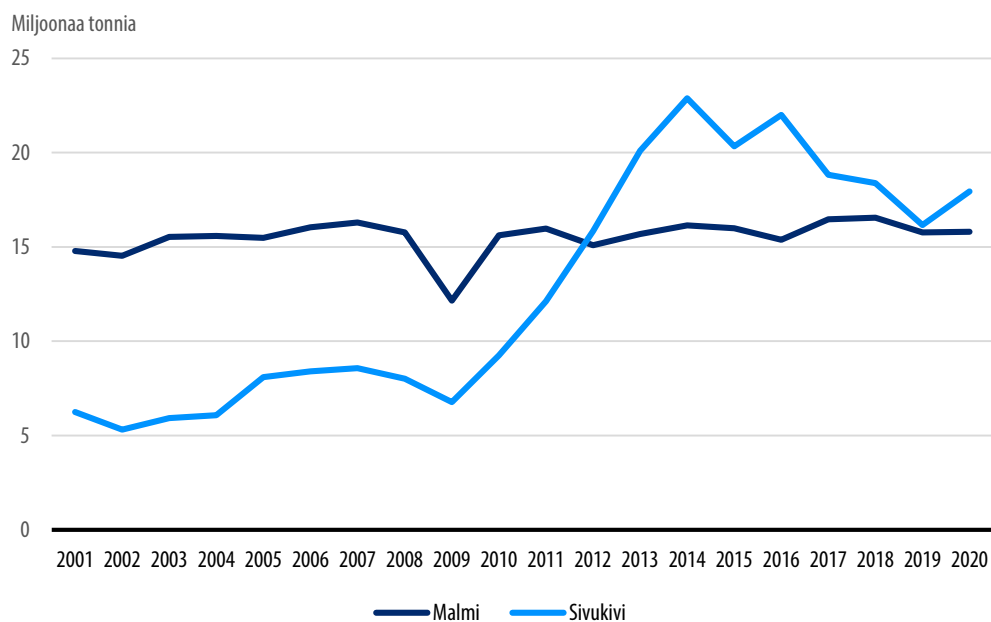


louhintamäärältään Suomen suurin kaivos lähes koko toiminta-aikansa. Se on myös Suomen suurin avolouhos.<sup>18</sup>

**Taulukko 3.** Yara Siilinjärven apatiittikaivoksen tuotantomäärät.<sup>19</sup>

Kaivoksen tuotantomäärät	tonnia / vuosi
Kokonaislouhinta	20 000 000–30 000 000
Malmin louhinta	11 000 000
Apatiittirikaste	1 000 000

**Kuva 7.** Teollisuusmineraalien louhinnan ja sivukivien määrän kasvu. (Lähde: TEM / Kaiva.fi<sup>20</sup>)



18 Teollisuusmineraalikaivokset. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/teollisuusmineraalikaivokset/#louhintamaarat>

19 Yara Siilinjärvi – Tehtaat ja kaivos. <https://www.yara.fi/tietoa-yarasta/yara-suomi/toimipaikat/siilinjarvi/tuotantolaitos/>

20 Teollisuusmineraalikaivokset. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/teollisuusmineraalikaivokset/#louhintamaarat>

2000-luvulla teollisuusmineraalimalmeja on louhittu Suomessa vuosittain 14–16 Mt, lukuun ottamatta maailmantalouden taantumaan liittyvää tilapäistä notkahdusta vuonna 2009. Vuonna 2015 teollisuusmineraalimalmeja louhittiin 16,0 Mt. Siilinjärven apatiittikaivos yksinään kattoi tästä määrästä 71 % ja muista kaivoksista louhitut karbonaattikivet kattoivat 20 %, talkkimalmi 6 %, vuolukivet 2 % ja teollisuuskivet 1 %. Teollisuusmineraalimalmeihin liittyvän sivukiven vuotuinen louhintamäärä on kolminkertaistunut vuodesta 2009. Tämä on johtunut lähinnä sivukiven louhintamäärän kasvusta Siilinjärven apatiittilouhoksessa.<sup>21</sup>

### 3.2.2 Teollisuusmineraalien tuotanto

Karbonaattimineraalit kalsiitti ja dolomiitti ovat monikäyttöisyytensä vuoksi tärkeitä teollisuusmineraaleja. Kalsiittia käytetään rakennusteollisuudessa, lasin valmistamisessa, maa- ja metsätaloudessa, eläinten rehuna, paperissa, kemikaaleissa, maaleissa ja pinnotteissa, muovissa ja kumissa, metalliteollisuudessa ja ympäristösovelluksissa. Vuonna 2015 karbonaattikiviä tuotettiin Suomessa noin 3,1 Mt. Nordkalk Oyj Abp:llä oli toiminnassa 9 kaivosta, joiden osuus karbonaattikivien tuotannosta oli 90 %. Sekä Limberg-Skräbbölen kaivoksesta Paraisilla että Ihalaisen kaivoksesta Lappeenrannassa tuotettiin yli miljoona tonnia karbonaattikiviä. Nämä ovatkin malmin vuotuiselta louhintamäärältään selvästi Suomen suurimmat teollisuusmineraalikaivokset Siilinjärven jälkeen. Ihalaisen kaivoksesta tuotetaan sivutuotteena wollastoniittia.<sup>22</sup>

Vuonna 2015 Siilinjärven kaivos tuotti apatiittirikastetta ennätykselliset 957 000 t. Paikallinen lannoiteteollisuus valmistaa apatiittista fosforihappoa ja edelleen fosforilannoitteita. Kaivos tuotti sivutuotteena 38 000 t biotiittia (flogopiitti) sekä karbonaattituotteita maanparannusjauheiksi.

Talkki on tärkeä raaka-aine mm. sellu- ja paperi-, maali-, muovi- ja kumi-, elintarvike-, lääke- ja kosmetiikkateollisuudessa. Suomi on Euroopan suurin talkintuottaja. Vuonna 2015 talkkimalmia louhittiin yhteensä 945 000 t neljästä Mondo Minerals B.V:n kaivoksesta Sotkamossa ja Polvijärvellä. Malmista tuotettiin yhteensä 332 000 t talkkirikastetta ja 22 000 t magnesiittihiekkaa. Huippuvuotena 2006 talkkia tuotettiin Suomessa 547 000 t.

Vuonna 2015 teollisuuskiviä tuotettiin viidestä Paroc Oy Ab:n kaivoksesta 131 000 tonnia. Tuotantomäärä kasvoi edellisvuodesta 5 %. Louhintamäärältään suurin oli Lapinlahden

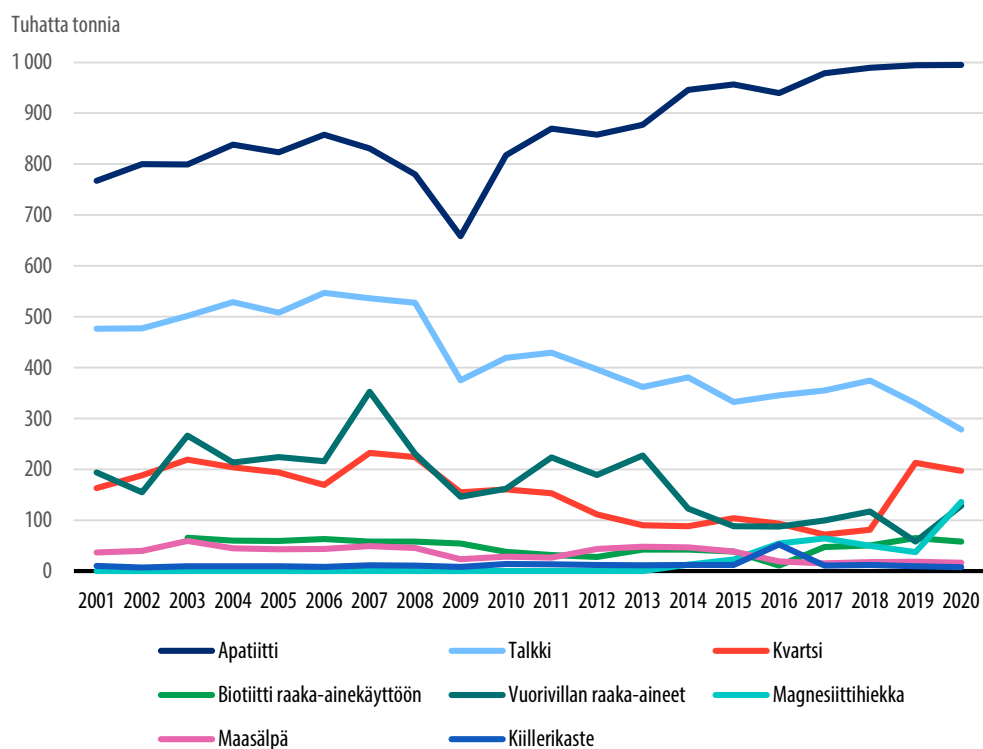
<sup>21</sup> Teollisuusmineraalikaivokset. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/teollisuusmineraalikaivokset/#louhintamaarat>

<sup>22</sup> Teollisuusmineraalikaivokset. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/teollisuusmineraalikaivokset/#louhintamaarat>

Joutsenenlammen anortosiittiesiintymä, josta tuotettiin 45 000 t raaka-aineita vuorivilla- ja lasiteollisuuden tarpeisiin.

Kvartsirikastetta ja palakvartsia tuotettiin vuonna 2015 yhteensä 104 000 t. Maasälpärikastetta tuotettiin 38 000 t, ja se on peräisin Kemiönsaarella sijaitsevista louhoksista sekä Joutsenenlammen anortosiittiesiintymästä.<sup>23</sup>

**Kuva 8.** Teollisuusmineraalirikasteiden tuotanto (1 000 t) Suomessa (TEM / Tukes)<sup>24</sup>



23 Teollisuusmineraalikaivokset. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/teollisuusmineraalikaivokset/#louhintamaarat>

24 Teollisuusmineraalikaivokset. Kaiva.fi-sivusto. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/teollisuusmineraalikaivokset/#louhintamaarat>

### 3.3 Kaivannaisjätteet

Kaivostoiminnassa syntyy erilaisia sivutuotteita, jotka on usein luokiteltu jätteiksi. Kaivostoiminnassa syntyvät jätteet ja niihin liittyvät ympäristölle mahdollisesti haitalliset suotovedet ovat merkittävin ympäristöllinen haaste kestävän, paikallisesti hyväksyttävän, ympäristömyönteisen kaivostoiminnan kehittämisessä. Kestävää kaivostoimintaa voidaan edistää kaivannaisjätteiden hyötykäytöllä, joka vähentää kaivannaistoiminnassa syntyviä jättevirroja ja neitseellisten raaka-aineiden tarvetta.<sup>25</sup>

Kaivannaistoiminnassa syntyy pinta- ja irtomaata, sivukiveä ja rikastushiekkaa, jotka luokitellaan käytöstä poistettuina kaivannaisjätteiksi. Vuonna 2017 kaikesta maassa syntyneestä jätteestä kaivannaisjätettä oli noin 76 %. Suurin osa kaivannaisjätteestä sijoitetaan erilaisiin läjityksiin, kasoihin ja altaisiin kaivospiirien sisällä.<sup>26</sup>

**Kuva 9.** Kaivannaisjätteen alkuperä ja luokittelu. (Kuva: J.Vesa [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi)-pohjalta)



Suuri osa näistä sivutuotteista on läjitetty kaivosalueelle pysyvästi kaivannaisjätteinä. Nämä materiaalit sisältävät usein arvoaineita, joiden talteenotolla on mahdollista säästää neitseellisiä luonnonvaroja. Sivutuotteiden sisältämät arvoaineet voivat olla ympäristölle haitallisia, joten niiden kerääminen talteen voisi vähentää näiden materiaalien aiheuttamaa ympäristökuormitusta ja lisätä niiden hyödyntämismahdollisuuksia. Lisäksi kaivosten sivutuotteita on mahdollista tuotteistaa yhä helpommin eri käyttötarkoituksiin.<sup>27</sup>

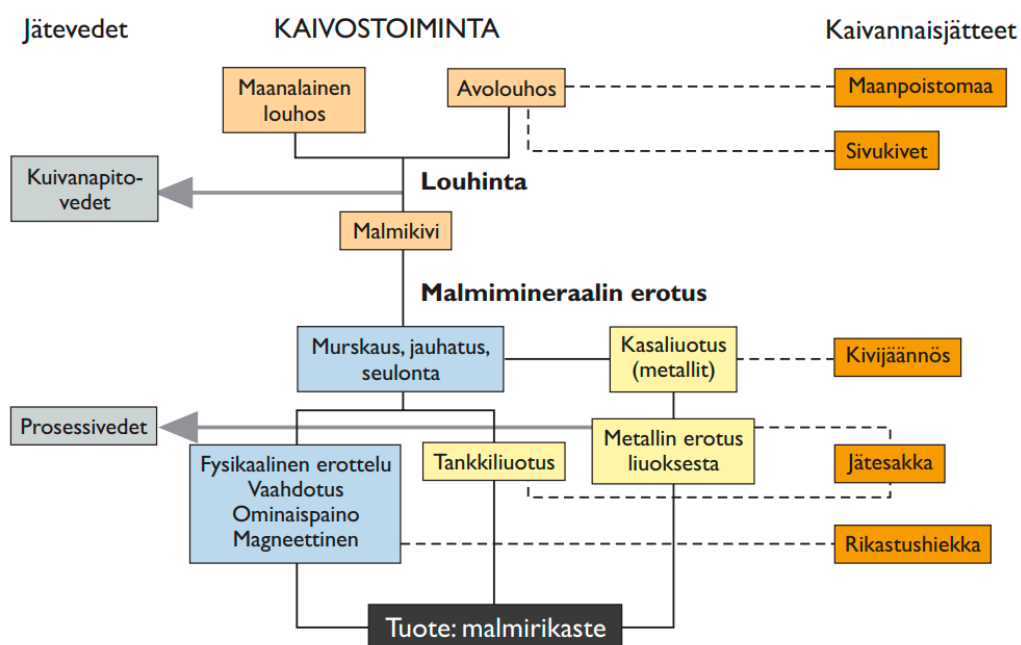
25 Karlsson, T. et al. 2018. Hituran ja Kevitsan kaivosten sivukivien käyttö maanrakentamisessa. GTK, työraportti 11 /2018. [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11_2018.pdf)

26 Kaivannaisjätteet. Ymparisto.fi-sivusto. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus\\_ja\\_tuotanto/jatteet\\_ja\\_jatehuolto/jatehuollon\\_vastuut\\_ja\\_jarjestaminen/Kaivannaisjatteet](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/jatteet_ja_jatehuolto/jatehuollon_vastuut_ja_jarjestaminen/Kaivannaisjatteet)

27 Karinen, J. 2020. Kiertotalous- ja sivuvirrat kaivannaisteollisuudessa. Blogi 4.2.2020 Lumen – Lapin ammattikorkeakoulun verkkolehti.

Kaivoksilla syntyvillä sivuvirtamateriaaleilla voi olla myös muita fysikaalisista ja kemiallisista ominaisuuksista, joista aiheutuu haasteita hyödyntämiselle. Esimerkiksi metallimalmikaivosten rikastushiekat ja sivukivet sisältävät usein sulfidimineraaleja, jotka happamoittavat ympäristöä rapautuessaan. Sivutuotteita on saatu muunnettua vaarattomampaan muotoon prosessoimalla niitä uudelleen. Tällöin on saatu vähennettyä kaivosten aiheuttamaa ympäristökuormitusta ja siten edistettyä vastuullista kaivostoimintaa.<sup>28</sup>

**Kuva 10.** Kaivostoiminnan yleisprosessit<sup>29</sup>



### 3.3.1 Pysyvä kaivannaisjäte

Kaivannaisteollisuudessa syntyy vuosittain kymmeniä miljoonia tonneja jätettä, josta osa saattaa täyttää pysyvän kaivannaisjätteen kriteerit. Kaivannaisjätteitä ovat mm. rikastusjäte (mineraalien erilaisissa käsittelyissä jäljelle, jäävä kiinteä tai lietemäinen jäte), sivukivi ja irtomaa (kaivannaistoiminnoissa malmiin tai mineraaliesiintymään käsiksi pääsemiseksi siirrettävä aines sekä tuotannon valmisteluvaiheen aikana siirrettävä aines) ja pintamaa.

28 Karinen, J. 2020. Kiertotalous- ja sivuvirrat kaivannaisteollisuudessa. Blogi 4.2.2020 Lumen – Lapin ammattikorkeakoulun verkkolehti.

29 Kauppi, P. et al. (2011). Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37056/SY\\_29\\_2011.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37056/SY_29_2011.pdf)

Kaivannaisjätettä pidetään pysyvänä seuraavien perusteiden täyttyessä lyhyellä ja pitkällä aikavälillä:

- Jäte ei hajoa eikä liukene tai muuten muutu merkittävästi siten, että siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa ympäristölle ja ihmisten terveydelle
- Jätteen sulfidirikkipitoisuus on enintään 0,1 % tai
- Sulfidirikkipitoisuus on enintään 1 prosentti ja neutraloimispotentiaalisuuhde menetelmällä EN 15875 määritettynä suurempi kuin 3
- Jätteestä ei aiheudu itsesyttymisen vaaraa eikä se pala
- Jätteen ja siitä erottuvan hienoaineksen sisältämien mahdollisesti haitallisten aineiden pitoisuudet eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista (PIMA) annetussa VN:ssä (214/2007) esitettyjä kynnysarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia. Tällaisia aineita ovat erityisesti arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, elohopea, molybdeeni, nikkeli, lyijy, vanadiini ja sinkki.
- Jäte ei sisällä louhinnassa tai rikastuksessa käytettyjä haitallisia aineita, jotka voivat aiheuttaa haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle.<sup>30</sup>

Asetuksen mukaan kaivannaisjätettä voidaan pitää pysyvänä ilman testausta, jos voidaan jo olemassa olevan tiedon perusteella luotettavasti osoittaa, että yllä kuvatut perusteet täyttyvät. Jos jäte ei olemassa olevan tiedon perusteella täytä pysyvyydelle asetettuja kriteerejä, niin tuottaja voi luokitella jätteen ei-pysyväksi ilman erillisiä selvityksiä. Komission päätös antaa mahdollisuuden käyttää myös kansallisia pysyvän kaivannaisjätteen luettelointia, jos niihin kuuluvat materiaalit täyttävät edellä mainitut pysyvyyden kriteerit. Tällainen luettelo on käytössä mm. Isossa Britanniassa ja Tšekissä. Kaivannaisjäteasetuksessa säädetään milloin ominaisuudet pitää selvittää. Kaivannaisjätteen ominaisuuksien määrittely voidaan tehdä ennen kaivannaistoiminnan aloittamista (tutkimus-/kartoitusvaiheessa), tuotannon aikana tai jo sijoitetulle jätteelle.<sup>31</sup>

Kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF-vertailuasiakirjaan on koottu parhaita käyttökelpoisia tekniikoita (BAT) koskevat BAT-päätelmät. Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kaivannaisjätteiden karakterisoinnissa on tunnistaa kaivannaisjätteiden ominaisuudet ja potentiaaliset ympäristöriskit ja -vaikutukset hyödyntäen tekniikoita:

- BAT 2. Alustava kaivannaisjätteiden karakterisointi.

30 Kaivannaisjätteiden luokittelu pysyväksi. Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21/2011. Ympäristöministeriö.

31 Kaivannaisjätteiden luokittelu pysyväksi. Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21/2011. Ympäristöministeriö.

- BAT 3. Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien seuraaminen ja varmentaminen. Tekniikassa laaditaan ja toteutetaan tarkkailusuunnitelmaa kaivannaistoiminnan elinkaaren eri vaiheissa (suunnittelu, toiminta, sulkeminen ja jälkihoito).

32 33

### 3.3.2 Jätteiden ominaisuuksien tutkiminen

Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien tunteminen on lähtökohtana jätteiden hyötykäytölle (Kauppila et al. 2011). Ominaisuuksien selvittämiseen on nykyisin tarjolla laaja valikoima erilaisia menetelmiä, joista keskeisimpiä ovat jätteiden pitkäaikaiskäyttämistä arvioivat testit. Ne voidaan pääpiirteissään jakaa kahteen ryhmään: staattisiin ja kineettisiin testeihin:

- **Staattisilla testeillä** tarkoitetaan lyhytaikaisia, usein standardoituja laboratoriotestejä, esimerkiksi jäteaineksen hapontuottopotentialin arviointiin soveltuvia ABA- ja NAG-testejä (Price 2009).
- **Kineettiset testit** ovat monimutkaisempia, pidempikestoisia testejä, joita ei yleensä ole standardoitu (pois lukien kosteuskammio-testit) ja jotka suunnitellaan siten useimmiten tapauskohtaisesti (Lapakko 2002).

Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien määrittelystä on säädetty Valtioneuvoston asetuksessa kaivannaisjätteistä (190/2013:n liite 3, Vna 2013b).<sup>34</sup>

## 3.4 Sivukivi

Sivukivet ovat louhinnan aikana syntyviä kiviaineksia, jotka eivät mene malmien rikastukseen.<sup>35</sup> Sivukiviä joudutaan irrottamaan valtavat määrät, jotta päästään erottelemaan malmikiveä. Sivukivimateriaalin ominaisuudet vaihtelevat geoteknisiltä ja kemiallisilta ominaisuuksiltaan. Parhaimmillaan sivukivi on puhdasta graniittia, joka kelpaa vaativimpiinkin käyttökohteisiin. Malmikivet eivät yleensä ole erityisen kovia eivätkä ne tyypillisesti ole ihan ykkösluokan kiviainesta. Tämä ei tarkoita etteikö niillekin olisi mahdollista löytää käyttökohteita.

32 Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive.

33 Kivipelto (toim.) 2020: Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käytöskelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen.

34 Karlsson, T. et al. 2018. [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11_2018.pdf)

35 Karinen, J. 2020. Kiertotalous- ja sivuvirrat kaivannaisteollisuudessa. Blogi 4.2.2020 Lumen – Lapin ammattikorkeakoulun verkkolehti.

Oksidi- ja sulfidimalmeista:

- oksidimalmi on pysyvämpää ja sillä on vähemmän ympäristöhaittoja
- Suomessa louhitaan paljon sulfidimalmeja. Sulfideja sisältävät sivukivikasat on peitettävä, sillä sade- ja sulamisvesien päästessä kontaktiin näiden kivien kanssa muodostuu rikkihappoa, joka alkaa liuottaa kivessä olevia metalleja.

Esiselvityksen haastatteluissa nousi esille myös taloudellinen näkökulma siihen, mikä on sivukiveä. Joissain kaivoksissa sivukivet sisältävät vähäisiä määriä arvomineraaleja, eli sivukivi voi olla myös heikkopitoista malmia. Tällöin arvomineraalin hinnanvaihtelu ja tuotannon kustannukset vaikuttavat siihen, onko kivi malmia vai sivukiveä. Tällaista heikkopitoista kiveä voidaan myös läjittää myöhemmin prosessoitavaksi. Tyypillisesti tällaista kiveä hyödynnetään kaivoksen elinkaaren loppuvaiheessa, kun operatiiviset kustannukset ovat pienet.

### 3.4.1 Sivukiven hyödyntäminen

Kaivosten sivukivien tyypillisin käyttökohde on kiven hyödyntäminen kaivoksen rakentamistarpeisiin kaivosalueella. Osalla kaivoksista sivukiveä on hyödynnetty kaivannaisjätealueiden rakentamisessa, kun tehdään kantavia rakenteita ja perustuksia jätealueelle. Sivukiveä käytetään myös kaivosalueiden tierakenteissa.

Sivukiviä käytetään esimerkiksi louhittujen avolouhosten ja maanalaisten louhostilojen täyttämiseen. Esimerkkeinä kaivosten täyttäminen Agnico Eaglen kaivoksella Kittilässä sekä teiden kunnossapito Laivan kaivoksella Raahessa (Kaivovastuu 2019). Kuten edellä kerrottiin, riippuu sivukiven hyödynnettävyys suurelta osin malmiesiintymästä, josta se on lähtöisin. Sivukivien yhteydessä on myös paljon hienoainesta, jossa haitta-aineiden liukoisuus on korkea. Kiviainesta tulisi käyttää mahdollisimman karkearakeisena ja siitä tulisi erottaa hienoaines pois. Lisäksi haitta-aineita ja happoja tuottavia ainesosia sisältävät lohokareet pitäisi saada poistettua ennen hyödyntämistä (Karlsson et al. 2018). Pyhäsalmen kaivoksella on louhosten täytteenä käytetty kovettuvan hydraulisen täytön ja sivukivitäytön yhdistelmää. Sivukivi kerättiin pääosin avolouhoksesta tai maanalaisista kaivoksista. Kovettuva hydraulinen täytemateriaali valmistettiin käyttämällä runkomateriaalina rikastushiekkaa sekä jauhattua masuunikuonaa ja lentotuhkaa sideaineena. Louhokset täytettiin sivukivellä ja sideaineliitteellä vuorotellen tai kauhakovettuvana täyttönä, jolloin lastauskoneen kauhaan annosteltiin sivukiviä ja sideainelietettä sekaisin (Haikola 2014).<sup>36</sup>

<sup>36</sup> Karinen, J. 2020. Kiertotalous- ja sivuvirrat kaivannaisteollisuudessa. Blogi 4.2.2020 Lumen – Lapin ammattikorkeakoulun verkkolehti.



Terrafamessa on tutkittu, voisiko sivukiveä liuottaa samalla tavalla kuin malmia: voisiko siis sivukivien arvoaineita ottaa talteen ja olisiko se taloudellisesti järkevää. Sivukivelle on tehty erilaisia liuotuskokeita sateen ja aktiivisen kastelun avulla. Kokeilujen perusteella tämä vaihtoehto ei osoittautunut tarkoituksenmukaiseksi.<sup>37</sup>

### 3.4.2 Sivukivien haitta-aineiden liukoisuus

Kaivostoiminnassa syntyy suuria määriä mineraalijätettä, jonka hyötykäyttöä tulisi lisätä. On hyvä muistaa, että sivukivet eivät välttämättä ole tasalaatuista materiaalia, vaan saattavat muodostua eri kivilajeista, joista osa sisältää malmimineraaleja, osa ei.

Kaivannaisjätteiden ominaisuuksien ja käyttäytymisen tunteminen on oleellinen osa hyötykäytön suunnittelua. Jäteaineiden pitkäaikaiskäyttämistä voidaan arvioida esimerkiksi pidempikestoisten kineettisten testien avulla.<sup>38</sup>

Karlsson, T. et al. 2018 tarkastelivat pidempikestoisten, kenttäolosuhteisiin asennettujen lysimetrien toimivuutta kaivannaisjätteiden ominaisuuksien arvioinnissa. Tutkimuksen painopisteenä oli Hituran ja Kevitsan kaivosten sivukivien sisältämien haitta-aineiden liukoisuuksien selvittäminen. Lysimetritestien tulosten mukaan Hituran kiillegneissikasan muokkaaminen, esimerkiksi pintaosia muotoilemalla, saattaa aiheuttaa haitta-aineiden mobilisointia ympäröiviin vesistöihin. Toisaalta Hituran serpentiniittikasan muokkaaminen ei todennäköisesti aiheuttaisi vastaavaa ilmiötä, joten serpentiniitti voisi sopia hyötykäytettäväksi kaivosalueella esimerkiksi kiillegneissikasan muotoilussa. Tulosten perusteella murskatun sivukiven hienoaineiden määrä vaikuttaa haitta-aineiden liukenemiseen.

***Haitta-aineita sisältäviä sivukiviä tulisikin käyttää mahdollisimman suuressa raekoossa ja minimoida reaktiivisemmän hienoaineiden osuus. Karlsson, T. et al. 2018***

Lysimetritestit osoittivat myös, että kiviaineksen vedenpidätyskyky saattaa muuttua aineksen rapautuessa. Koska vedenpidätyskyvyllä on suoria vaikutuksia esimerkiksi suotoveden ominaisuuksien ja määrän mallinnukseen, tulisi ilmiötä tutkia tarkemmin. Lysimetrikokeet osoittautuivat varteenotettavaksi menetelmäksi sivukivien pitkäaikaiskäyttämisen tarkasteluun. Tarkastelujakson olisi kuitenkin suositeltavaa olla pidempi kuin kaksi vuotta, jotta sulfidien rapautumiseen liittyvät prosessit voitaisiin havaita luotettavasti.<sup>39</sup>

37 Hietanen, M. haastattelu 24.3.2021

38 Karlsson, T. et al. 2018. [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11_2018.pdf)

39 Karlsson, T. et al. 2018. [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11_2018.pdf)

### 3.5 Rikastushiekka

Kaivostoiminnassa syntyy hienojakeista prosessijätettä, rikastushiekkaa (mine tailings). Kaivosteollisuuden rikastushiekat ovat laajalti hyödyntämätön luonnonvara. Rikastushiekat ovat hienojakoista mineraalista sivuvirtaa, joka syntyy malmikiven rikastuksen yhteydessä ja joka varastoidaan yleensä kaivosten lähellä sijaitseviin rikastushiekka-altaisiin.

Rikastushiekka on suurin yksittäinen kaivosjätteen jae.<sup>40</sup> Maailmanlaajuisesti rikastushiekkaa syntyy yli 10 000 Mt vuodessa. Toisen arvion mukaan rikastushiekkaa syntyy jopa 5–14 miljardia tonnia eli noin tuhat kiloa ihmistä kohden vuosittain. Määrän ennustetaan kasvavan tulevaisuudessa rikkaiden esiintymien vähentyessä ja siirryttäessä köyhempien malmiesiintymien hyödyntämiseen.<sup>41</sup>

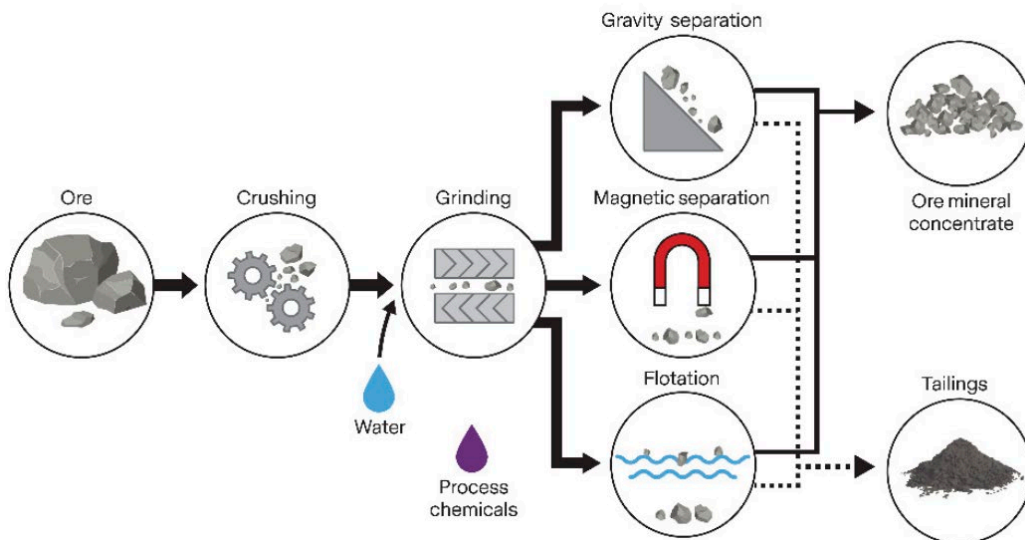
Rikastushiekan ominaisuudet riippuvat malmiesiintymän geologiasta, mineralogiasta, geokemiasta ja käytetystä rikastusmenetelmästä. Malmimineraaleja sisältävä rikaste otetaan talteen ja ylijäävä materiaali läjitetään rikastushiekka-altaaseen. Rikastushiekka luokitellaan vaaralliseksi jätteeksi, jos se sisältää haitallisia aineita, kuten metalleja, radioaktiivisuutta, happoa tuottavia mineraaleja tai prosessikemikaaleja. On kuitenkin paljon rikastushiekkoja, jotka eivät sisällä haitallisia aineita.<sup>42</sup>

Kuvassa 11 yksinkertaistettu kaavio malminjalostuksen prosessista.

40 Kiventerä, J. (2019). Stabilization of sulphidic mine tailings by different treatment methods: heavy metals and sulphate immobilization. Doctoral Dissertation, University of Oulu. <http://urn.fi/urn:isbn:9789526223964>

41 Kinnunen, P. et al. (2018). Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. Materia 5, s. 54–59. <https://vuorimiesyhdistys.fi/wp-content/uploads/2018/12/materia518.pdf>

42 Kinnunen, P. et al. (2018). Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. Materia 5, s. 54–59.

**Kuva 11.** Yksinkertaistettu kuva malminjalostuksen prosessista (Kiventerä 2019)

Yleensä rikastushiekat muodostuvat partikkeleista, joiden koko on samaan suuruusluokkaa kuin hiekalla ja savella (2 µm–2 mm). Partikkelikoko vaikuttaa siihen, miten rikastushiekka kestää tuulta, veden eroosiota ja painumista läjityksessä kaivosalueella. Myös rikastushiekan kemiallinen koostumus vaihtelee suuresti, koska louhittava malmi voi sisältää suuria määriä Fe, Cu, Pb, Zn, Sn, Ni, Co, Mo, Hg, Cd ja Ti sekä metalleja, kuten As, Sb ja V. Partikkelikoon jakauma sekä niiden kemialliset ja mineralogiset ominaisuudet tulee analysoida huolella, kun rikastushiekojen säilyttämistä kaivosalueella suunnitellaan.<sup>43</sup>

Rikastushiekka-altaassa on raekooltaan ja mineralogialtaan erilaisia kerroksia. Nämä koostumusvaihtelut tekevät hyötykäytöstä haastavampaa ja lisäävät keraaminvalmistusprosessien kehityksen tarvetta entisestään.<sup>44</sup>

### 3.5.1 Rikastushiekan hyödyntämistavat

Euroopan unionin direktiivi 2006/21/EC kaivannaisteollisuuden jätehuollosta kannustaa kaivannaisteollisuutta kehittämään uusia jätteenkäsittelytapoja, jotka edistävät jätteiden hyötykäyttöä ja vähentävät ympäristöriskejä. Rikastushiekoja hyödynnetään jo

43 Kiventerä, J. (2019). Stabilization of sulphidic mine tailings by different treatment methods: heavy metals and sulphate immobilization. Doctoral Dissertation, University of Oulu. <http://urn.fi/urn:isbn:9789526223964>

44 Kinnunen, P. et al. (2018). Kaivosteollisuuden rikastushiekojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. Materia 5, s. 54–59. <https://vuorimiesyhdistys.fi/wp-content/uploads/2018/12/materia518.pdf>

nyt lukuisissa matalamman arvon sovelluksissa. Esimerkiksi tietyn mineralogian omaavat rikastushiekat soveltuvat lisäaineeksi tiilien, laattojen ja betonin valmistukseen.<sup>45</sup>

Kaivostoiminnassa syntyvää rikastushiekkaa voidaan sen laadusta riippuen hyödyntää mm. rikastushiekka-altaiden pato- ja peittorakenteissa, maanalaisissa kaivostäytöissä (sekoitettuna sementin kanssa) ja teiden pohjarakenteissa. Rikastushiekkojen ympäristökelpoisuus määritellään niiden sisältämien mineraalien ja niistä liukenevien aineiden muodostamien riskien perustella. Kaikki rikastushiekat eivät sisällä haitallisesti reagoivia komponentteja ja ovat ns. inerttejä eli ominaisuuksiltaan pysyviä. Inertit rikastushiekat voivat olla puhdistamattominakin sopivia raaka-aineita erilaisiin hyötykäyttötarkoituksiin.<sup>46</sup>

***Tavoitteena on vähentää rikastushiekkajätteen määrää tuottaen samalla turvalisää, kestäviä ja kaupallisesti kannattavia tuotteita rakennus- ja keraamiteollisuuden käyttöön.***<sup>47</sup>

Viime vuosien aikana rikastushiekkojen hyötykäyttöä on tutkittu mm. geopolymeerien raaka-aineena ja kriittisten metallien raaka-ainelähteenä.<sup>48</sup>

***Geopolymeeri: Ruostumattomasta teräskuonasta kehitetty sementtimäinen materiaali, jota voidaan käyttää betonimaisissa rakenteissa. Geopolymeerin pääraaka-aine on kuonalajike 0/1 mm, jotka syntyy voimakkaasti emäksisen kuonan jäähtyessä. Ko. lajike on ominaisuuksiensa takia vaikeimmin tuotettavia jakeita ja sitä kerätään maailmanlaajuisesti varastoihin ja loppusijoitetaan. Geopolymeeri on sementtiä merkittävästi edullisempaa ja ympäristöystävällisempää. Käyttöä on pilotoitu Kittilässä ja tähänastiset tulokset ovat erinomaiset.***<sup>49</sup>

45 Kinnunen, P. et al. (2018). Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. Materia 5, s. 54–59.

46 Solismaa, S. & Kauppila, P. (2019). Geoblogi: Kierrätys, kiertotalous ja kaivosten rikastushiekat.

47 Kinnunen, P. et al. (2018). Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. Materia 5, s. 54–59.

48 Kinnunen, P. et al. (2018). Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. Materia 5, s. 54–59.

49 Tapojärvelle kansainvälinen kuonankäsittelyn innovaatiopalkinto. Tapojärvi 14.10.2019.

### 3.5.2 Rikastushiekkojen kilpailutilanne

Rikastushiekat ovat vielä laajalti hyödyntämätön raaka-aine, jolla on volyyminsä puolesta erittäin suuri hyötykäyttöpotentiaali. Niiden hyötykäytön merkitys kasvaa edelleen pyritäessä kohti kiertotaloutta.<sup>50</sup>

Rikastushiekka on valmiiksi louhittua, murskattua ja hienonnettua ainesta, jossa on kiinni paljon hyödynnettävissä olevaa pääomaa ja energiaa. Lisäksi kaivannaisjätteiden vähentäminen ja niiden hyötykäyttö pienentävät varastointikustannuksia ja haitallisten ympäristövaikutusten riskejä. Riskejä vähentävät toimenpiteet lisäävät kaivostoiminnan hyväksyttävyyttä ja tuottavat siten lisäarvoa sekä kaivosyrityksille että yhteiskunnalle. Rikastushiekkojen hyötykäyttöä hidastavat luonnollisten raaka-aineiden helppo saatavuus, edullisuus ja turvallisuus. Tämän näkemyksen muuttamiseksi on tehtävä laadukasta tutkimusta ja osoitettava rikastushiekan hyötykäytön taloudellinen kannattavuus, turvallisuus ja ympäristökelpoisuus uusiokäytössä.<sup>51</sup>

*Rikastushiekkoja on saatu muokattua ympäristökelpoisemmiksi rikastusteknisin menetelmin mm. GTK:n KaiHaMe-projektissa, jossa tutkittiin Kopsan Au-Cu-malmien rikastushiekan hyödyntämiskelpoisuutta (Kauppila 2017). Kemiaalisesti käsiteltyjä rikastushiekkoja on käytetty mm. Kittilän kaivoksella, jossa osa rikastushiekasta on palautettu kaivoskäyttöön. Täyttömateriaalina käytetty pasta valmistetaan vaahdotuksesta tulevalle neutraloidulla rikastushiekalla (AVI 2013).<sup>52</sup>*

### 3.5.3 Rikastushiekkojen käyttö keraamituotteissa

Rikastushiekkojen hyötykäyttöä korkean arvon keraamituotteissa rajoittaa niiden moninainen mineralogia; puhtaiden keraamituotteiden valmistus edellyttää korkean lämpötilan prosesseja ja hienojakoista raaka-ainetta, jotta keraamikiteet ja mekaaninen lujuus muodostuvat diffuusion avulla. Tiukat vaatimukset raaka-aineiden puhtaudelle ja tasalaatuisuudelle johtavat siten pitkiin ja monopolvisiin raaka-aineiden prosessointiketjuihin. Potentiaalinen rikastushiekkojen hyödyntämisreitti on niiden käyttö kemiallisesti sidostettujen keraamien raaka-aineena matalalämpötilaprosesseissa.<sup>53</sup>

50 Kinnunen, P. et al. (2018). Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. *Materia* 5, s. 54–59.

51 Solismaa, S. & Kauppila, P. (2019). Geoblogi: Kierrätys, kiertotalous ja kaivosten rikastushiekat.

52 Karinen, J. 2020. Kiertotalous- ja sivuvirrat kaivannaisteollisuudessa. Blogi 4.2.2020 Lumen – Lapin ammattikorkeakoulun verkkolehti.

53 Kinnunen, P. et al. (2018)

### 3.5.4 Rikastushiekkojen ympäristöystävällisempi varastointi

Rikastushiekkojen varastoinnista aiheutuu lukuisia ympäristövaikutuksia. Yleisin ja maailmanlaajuinen kaivosteollisuuden aiheuttama ympäristöriski on hapan kaivosvalumavesi, joka aiheutuu pääosin sulfidimineraalien kuten rikkikiisun ja magneettikiisun hapettumisesta. Happamalla kaivosvalumavesillä on matala pH ja ne sisältävät paljon rautaa, alumiinia, muita metalleja ja sulfaatteja. Metallit ja muut myrkylliset yhdisteet pilaavat vesistöjä ja kertyvät kasveihin, eläimiin ja ihmisiin. Rikastushiekan varastoinnin epäonnistumisella voi olla ison mittakaavan vaikutus kaivosyrityksen talouteen. Puhdistuskustannukset, sosiaalisen toimiluvan ja yrityksen maineen menetys voivat pahimmillaan johtaa ympäristökatastrofiin ja kaivoksen sulkemiseen.<sup>54</sup>

Kaivosteollisuuden ja Business Finlandin rahoittamassa GEOSULF-tutkimushankkeessa tehdyssä Jenni Kiventerän väitöstutkimuksessa<sup>55</sup> kehitettiin ympäristöystävällisiä varastointimenetelmiä kaivosteollisuudessa syntyville kiinteille jätteille, rikastushiekoille.

Kaivosteollisuudessa syntyy maailmanlaajuisesti vuosittain miljoonia tonneja kiinteää kaivosjätettä, rikastushiekkaa. Tällä hetkellä suurin osa rikastushiekoista varastoidaan rikastushiekka-altaisiin veden alle kaivoksen läheisyyteen. Uusia käsittelymenetelmiä tarvitaan, jotta rikastushiekkojen varastointi olisi aiempaa ympäristöystävällisempää. Tutkimuksen mukaan rikastushiekkoja voidaan ajatella jätteen sijasta myös raaka-aineina. Väitöstutkimus osoittaa, että sekoitettaessa rikastushiekkaa sopivan sidosaineen ja nesteen kanssa saadaan aikaan lujittunut materiaali, joka sitoo ympäristölle haitallisia raskasmetalleja rakenteensa sisään. Sidosaineena voidaan hyödyntää muilta teollisuuden aloilta syntyviä sivuvirtoja, kuten metalliteollisuuden kuonia.

Tutkimustulosten avulla voidaan kehittää rikastushiekan varastointia altaan sijaan kuivalle maalle ja vähentää lyhyt- ja pitkäaikaisia ympäristöongelmia. Teknologiaa edelleen kehitettäessä voidaan rikastushiekkoja mahdollisesti tulevaisuudessa hyödyntää myös erilaisissa betonin tapaisissa rakennusmateriaaleissa.

### 3.5.5 Rikastushiekkaan liittyviä tutkimushankkeita

Perinteisten rikastushiekkojen hyötykäyttömenetelmien rinnalla GTK:ssa on tutkittu viime vuosina metallien talteenottoa ja haitallisten komponenttien poistamista rikastushiekoista sekä rikastushiekan hyödyntämistä betoni-, sementti- ja keraamiteollisuuden käyttöön.

54 Kinnunen, P. et al. (2018). Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. *Materia* 5, s. 54–59.

55 Kiventerä, J. (2019). Stabilization of sulphidic mine tailings by different treatment methods: heavy metals and sulphate immobilization. Doctoral Dissertation, University of Oulu. <http://urn.fi/urn:isbn:9789526223964>

Kierrätyksen lisäksi mukana on kiertotaloudellinen tavoite, jossa jätteiden sekaan päätyvät hyödyntämiskelpoiset mineraalit otettaisiin talteen ennen rikastushiekka-altaalle läjitystä ja hyödynnettäisiin raaka-aineina, jolloin jätettä syntyisi nykyistä vähemmän<sup>56</sup>.

### 3.5.5.1 KaiHaMe-tutkimushanke

Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittamassa KaiHaMe -projektissa kehitettiin metallimalmikaivostoiminnan kaivannaisjätteiden optimointiin toimintamalli, jonka pohjalta voidaan jätteiden ympäristökelpoisuutta ja raaka-ainearvoa lisätä malmille tehtävien rikastuskokeiden yhteydessä heti toiminnan alkuvaiheessa. Mallissa jätteestä erotetaan eri rikastusmenetelmillä mahdolliset haitta-aineet pienempään jätefraktioon, jolloin suurin osa syntyvästä jätteestä on ympäristökelpoisempaa ja sille on mahdollista löytää hyötykäyttösovelluksia. Mallin toimivuutta testattiin projektissa Kopsan kultakuparimalmille. Tulosten perusteella jätteestä oli mahdollista erottaa arseeni- ja sulfidimineraalit erilliseksi jätefraktioksi tehostamalla jauhatusta, säätämällä vaahdotusta ja käyttämällä magneetti-erotusta. Jäljelle jäävän, massaltaan suurimman jätteen arvioitiin soveltuvan hyödynnettäväksi esimerkiksi jätealueiden jälkihoidossa käytettävissä peittorakenteissa. Mallin käyttöön saaminen edellyttää kaivannaissektorin toimijoilta kokonaisvaltaisempaa raaka-ainetarkastelua jo kaivostoiminnan suunnitteluvaiheessa.<sup>57</sup>

### KaiHaMe-hankkeen julkaisuja:

Kauppila, P. 2018. Kaivannaisjätteiden hallintamenetelmät (KaiHaMe). Yhteenveto projektin päätuloksista. KaiHaMe-projektin loppuseminaari 18.4.2018. [http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/KaiHaMe/\\_system/In\\_focus/10\\_Kauppila\\_Yhteenveto\\_projektin\\_paaetuloksista.pdf](http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/KaiHaMe/_system/In_focus/10_Kauppila_Yhteenveto_projektin_paaetuloksista.pdf)

Kauppila, P. M. & Tarvainen, T. (eds) 2018. Improving the environmental properties, utilisation potential and long-term prediction of mining wastes. Geologian tutkimuskeskus, Bulletin 408. 108 sivua, 50 kuvaa ja 17 taulukkoa. Julkaisu on ladattavissa osoitteesta: [http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt\\_408.pdf](http://tupa.gtk.fi/julkaisu/bulletin/bt_408.pdf)

Muniruzzaman, Md., Kauppila, P.M. & Karlsson, T. 2018. Water quality prediction of mining waste facilities based on predictive models. Geological Survey of Finland, Open File Research Report 16/2018. 65 p.

Muniruzzaman, M., Karlsson, T. & Kauppila, P. M. 2018. Prediction of the Drainage Water Quality from Mine Wastes with Reactive Transport Modelling. GTK Open File Work Report 12/2018. 67 p.

Karlsson, T., Kauppila, P. M., Lehtonen, M., Tiljander, M., Forsman, P. & Lahtinen, T. 2018. Hituran ja Kevitsan kaivosten sivukivien hyötykäyttö maarakentamisessa. Geologian tutkimuskeskus, Työraportti 11/2018. 41 s.

Kauppila, P. M., Lehtonen, M. & Heino, N. 2018. Kaivannaisjätteiden hallintamenetelmät (KaiHaMe): Kaivannaisjätteiden optimoinnin toimintamallin kehittäminen. GTK:n sisäinen työraportti 14/2018. 73 s.

<sup>56</sup> Solismaa, S. & Kauppila, P. (2019). Geoblogi: Kierrätys, kiertotalous ja kaivosten rikastushiekat.

<sup>57</sup> Solismaa, S. & Kauppila, P. (2019). Geoblogi: Kierrätys, kiertotalous ja kaivosten rikastushiekat.

Kauppila, P. M., Taskinen, A., Korhonen, T., Kurhila, M. & Tiljander, M. 2018. Environmental properties of arsenic containing flotation tailings from Kuikka 2 gold deposit: Effect of polyacrylamide based chemical. GTK Open File Work Report 8/2018. 30 p.

Taskinen, A., Kauppila, P. M., Heino, N., Kurhila, M., Tiljander, M., Tornivaara, T. ja Korhonen, T. 2018. Kopsan Au-Cu-malmin arseenipitoisen rikastushiekan muokkaaminen ympäristökelpoisemmaksi rikastusteknisin menetelmin. GTK:n työraportti 9/2018. 112 s.

### 3.5.5.2 Ceratyl-projekti

Suomen Akatemian rahoittamassa (2015–2019) Ceratyl-projektissa tutkittiin rikastushiekojen hyötykäyttöä huokoisen keraamin valmistuksessa matalaenergisillä prosessointimenetelmillä. Huokoisia keraameja voidaan hyödyntää esim. eristemateriaaleina ja adsorbentteina.

Vuonna 2015 käynnistyneessä nelivuotisessa CeraTAL (Novel synthesis methods for advanced porous ceramics from mine tailings) projektissa Suomen Akatemian rahoituksella tutkittiin, miten kaivosten rikastushiekoja pystyttäisiin hyödyntämään raaka-aineena. Tavoitteena ei ollut vaarattomaksi tekeminen ja matalan arvon hyödyntäminen, vaan kunnianhimoisesti korkean arvon tuotteet, kuten teknisesti korkeatasoinen materiaali esimerkiksi korkeaa lämpötilan kestoa vaativiin sovelluksiin.<sup>58</sup>

GTK:n pääasiallisena roolina oli hankkeessa sopivien rikastushiekojen etsintä ja karakterisointi. Oulun yliopisto, Tampereen teknillinen yliopisto ja VTT puolestaan valmistivat niistä keraameja eri menetelmillä. Tutkimusmateriaaleiksi valikoitui viisi inerttiä tai lähes inerttiä teollisuusmineraalikaivoksen rikastushiekkaa ja viisi metallimalmikaivoksen rikastushiekkaa. Kolmesta rikastushiekasta valmistettiin kiinteitä keraamikappaleita lisäämällä rikastushiekkaan alumiinia ja kuumentamalla seos 1 300 asteeseen (reaction-sintering). Lisäksi yhdestä rikastushiekasta valmistettiin kiinteitä kappaleita fosforihappokäsittelyn avulla. Geopolymerisoimalla valmistettiin kappaleita puhtaan kaoliinin ja flogopiitin seoksesta, mikä viittaa flogopiittirikkaan rikastushiekan hyötykäyttömahdollisuuksiin.<sup>59</sup>

CeraTAL projekti tuotti materiaalitieteellisiä löydöksiä, joita voidaan hyödyntää sekä Suomessa että globaalisti. Rikastushiekojen hyödyntämisellä voitaisiin vähentää kaivosteollisuuden ympäristökuormaa, mutta lisäksi arvokasta primääri-raaka-ainetta voitaisiin korvata edullisemmalla sekundäärisellä raaka-aineella. Liiketoimintamielessä olisi mahdollista

58 Karhu, M. & Kivikytö-Reponen, P. (2020). Suunnitellaan jäte pois – kaivosteollisuuden sivuvirroista arvokasta raaka-ainetta. VTT 20.8.2020. Viitattu 18.5.2021 <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/suunnitellaan-jate-pois-kaivosteollisuuden-sivuvirroista-arvokasta-raaka-ainetta>

59 Solismaa, S. & Kauppila, P. (2019). Geoblogi: Kierrätys, kiertotalous ja kaivosten rikastushiekat.



hyödyntää vähemmän arvokasta jättemateriaalia, jonka hiilijalanjälki on primääriraaka-ainetta huomattavasti pienempi.<sup>60</sup>

### Ceratail-projektin julkaisuja:

- Kinnunen, P., Ismailov, A., Solismaa, S., Sreenivasan, H., Räisänen, M. L., Levänen, E., & Illikainen, M. 2018. Recycling mine tailings in chemically bonded ceramics—A review. *Journal of Cleaner Production*, 174, 634–649. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.10.280>
- Solismaa, S., Ismailov, A., Karhu, M., Sreenivasan, H., Lehtonen, M., Kinnunen, P., Illikainen, M. & Räisänen, M. L. 2018. Valorization of Finnish mining tailings for use in the ceramics industry. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 90(1). <https://doi.org/10.17741/bgsf/90.1.002>
- Karhu, M., Lagerbom, J., Kivikytö-Reponen, P., Ismailov, A. & Levänen, E. 2017. Reaction Heat Utilization in Aluminosilicate-Based Ceramics Synthesis and Sintering. *Journal of Ceramic Science and Technology*. 101–112, 8, 1. <https://doi.org/10.4416/JCST2016-00094>
- Sreenivasan, H., Kinnunen, P., Heikkinen, E. P., & Illikainen, M. 2017. Thermally treated phlogopite as magnesium-rich precursor for alkali activation purpose. *Minerals Engineering*, 113, 47–54. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.08.003>
- Karhu, M., Lagerbom, J., Solismaa, S., Honkanen, M., Ismailov, A., Räisänen, M. L., Levänen, E., Elina-Huttunen-Saarivirta, E., Kivikytö-Reponen, P. 2019. Mining tailings as raw materials for reaction-sintered aluminosilicate-ceramics: effect of mineralogical composition on microstructure and properties. *Ceramics International*. Available online 23.11.2018. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.11.180>
- Kinnunen, P., Solismaa, S., Ismailov, A., Karhu, M., Lagerbom, J., Kivikytö-Reponen, P., Räisänen, M., Levänen, E. ja Illikainen, M. 2018. Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. *Materia*, 5, 54–59. <https://vuorimiesyhdistys.fi/wp-content/uploads/2018/12/materia518.pdf>

### 3.5.5.3 Muita rikastushiekkoihin liittyviä tutkimushankkeita

- GEOSULF, Tekes (2014–2017). Sulfidisten rikastushiekkojen stabilointi geopolymeerimateriaaleilla.
- ITERAMS, H2020 (2107–2020). Silikaattimineraalien hyödyntäminen geopolymeerien raaka-aineena.
- GEOMINS, Suomen Akatemia (2018–2021). Rikastushiekkojen stabilointi erilaisilla sideaineilla (geopolymeerit, ettringiitti), hiilidioksidin hyödyntäminen materiaalin valmistuksessa.
- SULTAN, MSCA-ETN (2019–2022). Esikäsittelyt mineraalien reaktiivisuuden parantamiseksi.

<sup>60</sup> Karhu, M. & Kivikytö-Reponen, P. (2020). Suunnitellaan jäte pois – kaivosteollisuuden sivuvirroista arvokasta raaka-ainetta. VTT 20.8.2020

### 3.6 Kaivannaisjätteisiin liittyvää tutkimusta Euroopassa

Seuraavassa listaa tutkimushankkeista, jotka liittyvät kriittisten ja muiden raaka-aineiden talteenottoon kaivosjätteestä ja kaatopaikoilta. Lisätietoa JRC:n raportissa Recovery of critical and other raw materials from mining waste and landfills (2019).<sup>61</sup>

- CHROMIC (päättynyt)
- SCALE (päättynyt)
- RemoVAL (päättyy 2022)
- ERA-MIN (päättyy 2021)
- EURARE (päättynyt)
- METGRO (päättynyt)
- MICA (päättynyt)
- Minerals4EU (päättynyt)
- MIN-GUIDE (päättynyt)
- MINEVENTORY (päättynyt)
- ORAMA (päättynyt)
- ProSUM (päättynyt)
- RESLAG (päättynyt)
- SCREEN (päättynyt)
- SMART GROUND (päättynyt)

EIT Raw Materialsin tutkimushankkeita:

- [CarsiFer](#) (päättyy 2022)
- Go-4-0 (päättynyt)
- [Morerecovery](#) (päättyy 2021)
- [PhosForce](#) (päättyy 2021)
- [SlagVal](#) (päättyy 2021)
- [Vivimag](#) (päättynyt)
- IRTC (päättynyt)
- [USEPGMNET](#) (päättynyt)
- [RIS-CuRE](#) (päättyy 2021)
- [RIS-RECOVER](#) (päättyy 2021)
- AWARE (päättynyt)

61 JRC Publications Repository. <https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/recovery-critical-and-other-raw-materials-mining-waste-and-landfills>

## 4 Taloudellinen näkökulma

Lähtökohtaisesti kaivannaisjätteiden kaupallinen hyödyntäminen on mahdollista, sillä kaivoslaki mahdollistaa tämän. Kaivoslaissa sivutuotekorvauksesta säädetään 101§:ssä.

Esiselvityksen haastatteluissa merkittävimpänä sivukiven ja rikastushiekan hyödyntämisen haasteena nähtiin kuljetuskustannukset suhteessa kaivannaisjätteen kaupalliseen arvoon.

Kaivannaisjätteen hyödyntämisen taloudellista näkökulmaa käsitellään jäljempänä SWOT-analyysin ja toimenpide-ehdotusten yhteydessä.

**Kuva 12.** Kaivannaisjätteiden hyödyntäminen riippuu kannattavuudesta<sup>62</sup>

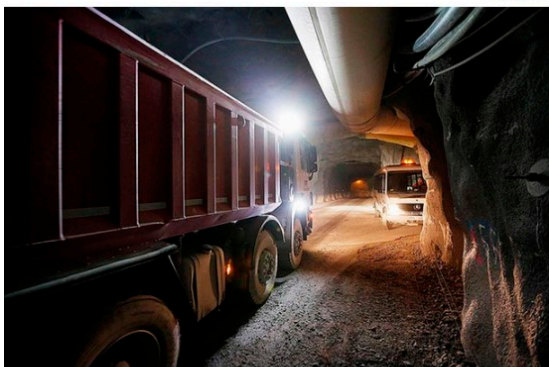
### Tiede & tekniikka

#### Kaivosjätteistä voidaan tulevaisuudessa valmistaa sementin korviketta – rikastushiekan erottelu riippuu kannattavuudesta

Tiede & tekniikka 30.04.2021  
Matti Tuominen

Kaivannaisjätteiden hyödyntämisessä ratkaisevassa roolissa on myös se, onko raaka-aineen hinta niin korkea, että sen tarkka erottelu rikastushiekasta on taloudellisesti järkevää.

PEKKA FALI



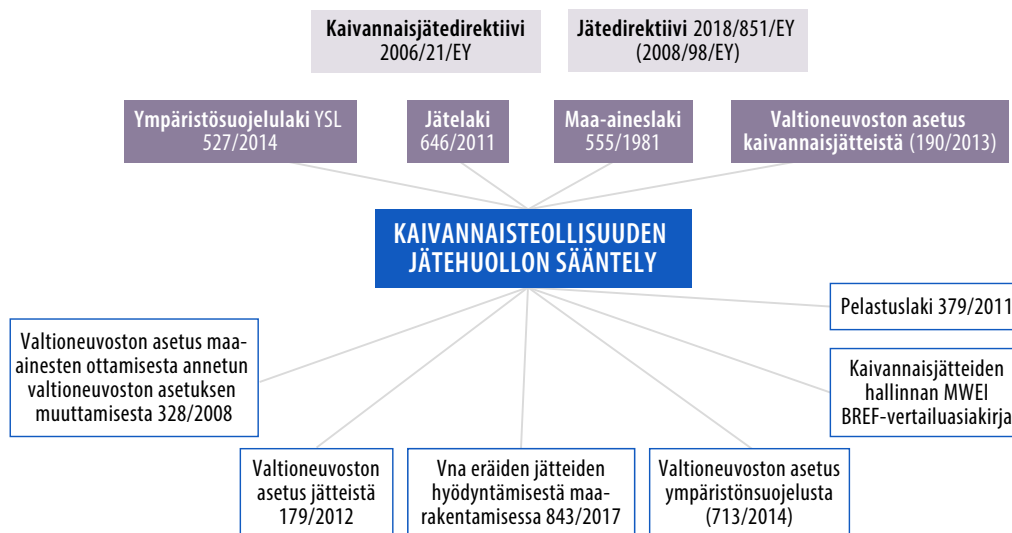
Avainasemassa kaivosjätteiden hyödyntämisessä on kokonaisvaltainen materiaaliajattelu.

<sup>62</sup> Kaivosjätteistä voidaan tulevaisuudessa valmistaa sementin korviketta – rikastushiekan erottelu riippuu kannattavuudesta. Maaseudun tulevaisuus 30.4.2021. <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/tiede-tekniikka/artikkeli-1.1384123>

## 5 Lainsäädäntö

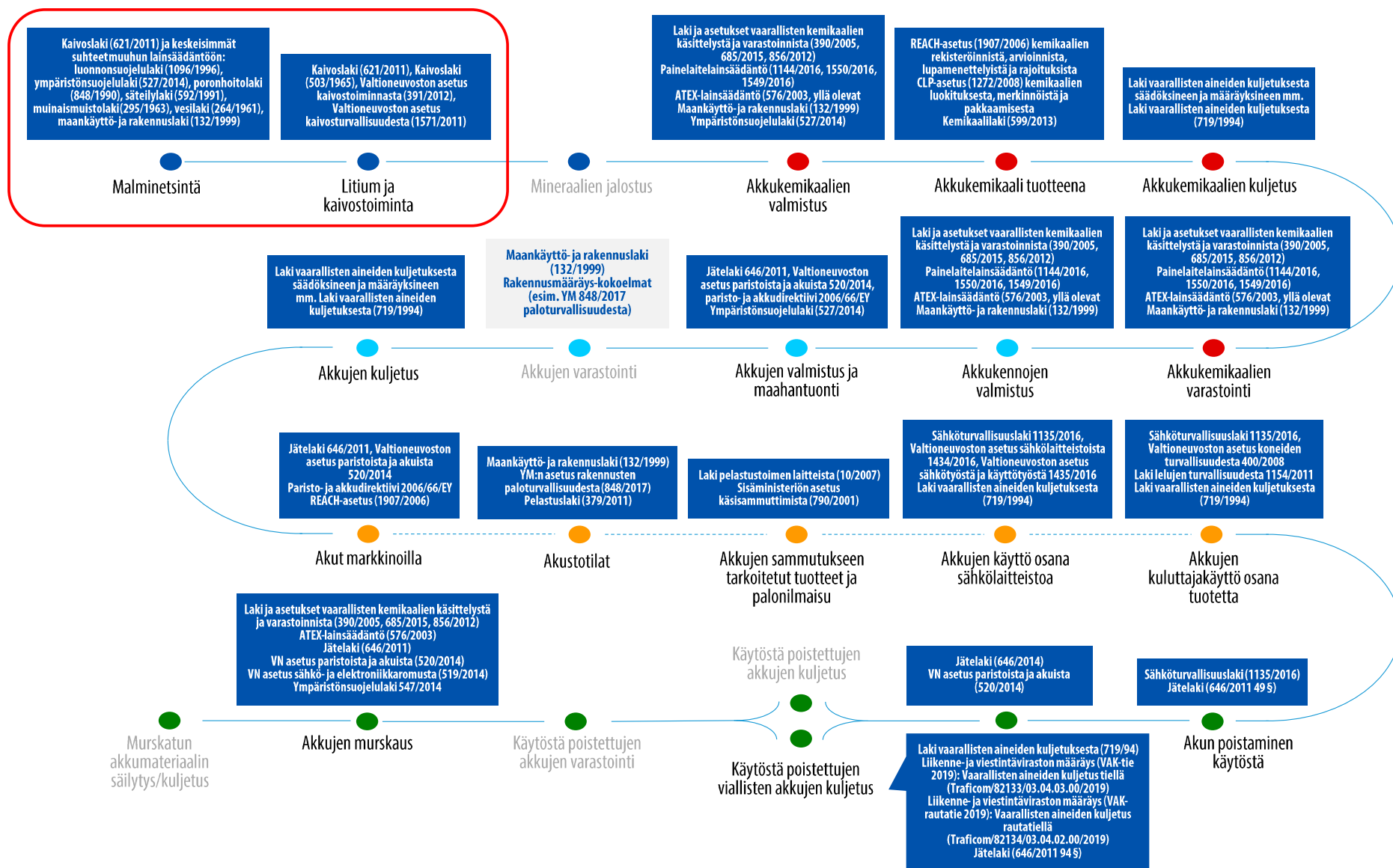
Kaivannaisteollisuuden jätehuollon sääntelykehikko on varsin laaja (ks. kuva 14 alla).

**Kuva 13.** Kaivannaisteollisuuden jätehuollon sääntelykehikkoa (J. Vesa 30.4.2021)



Kansallisen akkustrategiahankkeen sääntelyryhmän työssä hyödynnettiin Tukesin laatimaa kuvausta akkujen elinkaareen liittyvää lainsäädäntöä, jossa on mukana myös malminetsintään ja kaivostoimintaan liittyvää lainsäädäntöä (kuva 14)

Kuva 14. Malminetsintä ja kaivostoiminta osana akkujen elinkaareen liittyvää lainsäädäntöä. (Lähde: Tukes 2020)



Kaivannaisjätteen hyödyntämisen lainsäädännöllistä näkökulmaa käsitellään jäljempänä SWOT-analyysin ja toimenpide-ehdotusten yhteydessä. Seuraavassa muuta poiminta kaivannaisjätteitä ja niiden hyödyntämistä koskevasta lainsäädännöstä.

## 5.1 Kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisemisen ja vähentämisen BAT-tekniikat

Kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF-vertailuasiakirjaan on koottu parhaita käyttökelpoisia tekniikoita (BAT) koskevat BAT-päätelmät. Vertailuasiakirjan BAT-päätelmässä 6 on kuvattu kiinteiden kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisemiseksi käytettäviä tekniikoita, BAT-päätelmässä 7 on käsitelty ei-pysyvän kaivannaisjätteen ja vaarallisen kaivannaisjätteen määrän muodostumisen ehkäisemiseksi käytettäviä tekniikoita ja BAT-päätelmässä 10 kaivannaisjätteen uudelleen käsittelyä.<sup>63 64</sup>

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kiinteiden kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisemiseksi on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 6a. Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien esilajittelu ja valikoiva käsittely. Tekniikassa erotetaan kaivannaismateriaalista erillisen jakeet, jotka täyttävät sivutuotteiden tai tuotteiden laatuvaatimukset. Lajittelu mahdollistaa sivutuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien hyötykäytön lisäämisen rakennusmateriaaleina joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella, kaivoksen jälkihoidossa tai kaivostäyttönä.
- BAT 6b. Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien sijoittaminen kaivostäyttöön. Tekniikassa sijoitetaan sivutuotteiden tai tuotteiden laatukriteerit täyttäviä kaivannaismateriaaleja louhostiloihin joko sellaisenaan tai yhdistettynä veteen tai sementtipohjaisiin sidosaineisiin lisäämään louhosten rakenteellista vakavuutta tai palvelemaan kaivosalueen jälkihoitoa.
- BAT 6c. Sivutuotteiksi tai tuotteiksi soveltuvien kaivannaismateriaalien käyttö joko kaivosalueella tai sen ulkopuolella. Tekniikassa hyödynnetään kaivannaismateriaaleja kaivosalueella esim. maarakentamisessa (mm. padot, kulukuväylät, rampit, turvallisuusesteet), kaivosalueen jälkihoidossa (mm. kaivannaisjätteen jätealueiden peittorakenteet), kaivostäytössä, happamien valumavesien muodostumisen hallinnassa (emäksiset materiaalit) sekä

63 Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive

64 Kivipelto (toim.) 2020: Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käyttökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen

mineraaliprosessoinnissa. Hyötykäyttökriteerit täyttäviä kaivannaismateriaaleja voidaan myydä kaivosalueen ulkopuolelle maa-, infra- ja vesirakentamiseen (mm. padot, meluvallit, maanparannus, maisemointi), raaka-aineeksi erilaisiin sovelluksiin (esim. sementin tai tiilien valmistukseen, keraamiteollisuuteen, väriaineeksi tai rautaoksidin tai arvometallien lähteeksi tai maatalouden tarpeisiin maanparannusaineeksi).

Edellä mainittuja tekniikoita voidaan yleisesti hyödyntää eri kaivannaismateriaaleille edellyttäen, että tekniikat ovat teknisesti toteuttamiskelpoisia, taloudellisesti kannattavia ja ympäristön kannalta turvallisia. Vähentämällä läjitettävän jätteen määrän voidaan vähentää myös kaivannaisjätteiden maisema- ja jalanjälkivaikutusta. Samalla voidaan lisätä louhittavien materiaalien tehokasta käyttöä, säästää neitseellisiä luonnonvaroja ja alentaa kaivannaisjätteiden hallinnan kustannuksia toiminnan elinkaaren eri vaiheissa. BAT-päätelmässä 6 kuvatut tekniikat toteuttavat jätehierarkian sekä ympäristölainsäädännön peruseriaatteita jätteiden synnyn ehkäisemisestä, uudelleenkäytöstä, kierrätyksestä sekä jätteiden synnyn vähentämisestä.

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa ei-pysyvän ja vaarallisten kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisemiseksi on käyttää seuraavia tekniikoita:

- BAT 7a. Malminetsinnässä muodostuvien kaivannaisjätteiden hallinta. Tekniikassa malminetsinnässä muodostuville kaivannaisjätteille suunnitellaan riittävät hallinta- ja varastointitoimenpiteet malminetsintäalueelle tai jätteet toimitetaan alueelta pois sopivalla tavalla käsiteltäväksi tai läjitettäväksi.
- BAT 7b. Kaivannaisjätteiden lajittelu ja valikoiva käsittely. Tekniikassa erotetaan toisistaan vaarallinen kaivannaisjäte, ei-pysyvä ja ei-vaarallinen (nk. tavanomainen) kaivannaisjäte sekä pysyvä kaivannaisjäte joko visuaalisesti, fyysikaalisesti tai kemiallisesti. Lajittelulla ja valikoivalla käsittelyllä voidaan vähentää kaivannaisjätteiden muodostumista, niiden haitallisuutta ja siten edistää niiden hyödyntämistä.

BAT -päätelmässä 7 kuvatut tekniikat tukevat tukee jätteiden hallinnan yleisiä tavoitteita jätteiden muodostumisen ehkäisemiseksi, hyötykäytön ja kierrätyksen lisäämiseksi sekä jätemäärien vähentämiseksi. Edellä mainitut tavoitteet pohjautuvat kaivannaisjätedirektiivin (2006/21/EY) tavoitteeseen ehkäistä jätteen muodostumista sekä kaivannaisjäteasetuksen (190/2013) liitteen 1 määritelmään pysyvän jätteen luokittelusta (ks. myös Komission päätös 2009/359/EY). Tekniikoiden soveltuvuus riippuu kaivannaisjätteiden ominaisuuksista (vrt. BAT -päätelmä 2 ja 3 kaivannaisjätteiden karakterisointi).

Parasta käyttökelpoista tekniikkaa kiinteän kaivannaisjätteen uudelleen käyttämiseksi tai kierrättämiseksi on käyttää seuraavaa tekniikkaa:

- BAT 10. Kaivannaisjätteen uudelleen käsittely. Tekniikassa kaivannaisjätteen hyödyntämiskelpoiset ainekset talteenotetaan jätettä uudelleen käsittelemällä.

## 5.2 VALTSU ja kaivannaisjätteiden muodostumisen ehkäisy

Jätehierarkian mukaan jäte pitäisi lähtökohtaisesti jotenkin hyödyntää joko sellaisenaan tai hieman prosessoituna. Viimeinen vaihtoehto on läjitys, jossa jäte sijoitetaan esimerkiksi kaatopaikalle.

Valtakunnallisen jätesuunnitelman (VALTSU) sekä jätteen määrän ja haitallisuuden ohjelman toteutumista ja vaikuttavuutta seurataan jätedirektiivin mukaisesti vähintään joka kuudes vuosi. Tarvittaessa valmistellaan tarkistettu suunnitelma valtioneuvoston hyväksyttäväksi. Jätesuunnitelman toteutumista seurataan määrällisten ja laadullisten indikaattorien avulla. Suomen ympäristökeskus koostaa määrälliset indikaattorit vuosittain. Ympäristöministeriö vastaa toimenpiteiden toteutumisen seurannasta.<sup>65</sup>

Ympäristöministeriö on käynnistänyt lakisääteisen VALTSUN päivitystyön, jonka yhteydessä valmistellaan uusi kaivannaisjätteitä koskeva toimenpide.

## 5.3 Keskeistä lainsäädäntöä

Seuraavassa käydään läpi esimerkin omaisesti kaivosten kivien ja rikastushiekkojen hyödyntämiseen liittyvää lainsäädäntöä.

### 5.3.1 Kaivoslaki

Kaivoslain (621/2011) tarkoituksena on edistää kaivostoimintaa ja järjestää sen edellyttämä alueiden käyttö ja malminetsintä niin, että ne ovat yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestäviä. Kaivoslaissa säädetään muun muassa (1) kaivosmineraaleja sisältävän esiintymän etsinnästä ja hyödyntämisestä, (2) kullanhuuhdonnasta valtion omistamalla alueella ja (3) näihin liittyvän toiminnan lopettamisesta sekä (4) kaivostoimituksesta. Kaivoslaki sisältää myös yksityiskohtaista sääntelyä toimintaan liittyvästä lupamenetelmästä. Kaivoslaissa on lueteltu tyhjentävästi lain soveltamisalaan kuuluvat kaivosmineraalit,

<sup>65</sup> Valtakunnallisen jätesuunnitelman seuranta. Ymparisto.fi. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus\\_ja\\_tuotanto/jatteen\\_ja\\_jatehuolto/jatesuunnittelu/valtakunnallisen\\_jatesuunnitelman\\_seuranta](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/jatteen_ja_jatehuolto/jatesuunnittelu/valtakunnallisen_jatesuunnitelman_seuranta)



eikä lakia sovelleta soveltamisalaan kuulumattomiin mineraaleihin tai maalajeihin. Koska sora ei sisälly kaivoslain soveltamispiiriin, ei soran ottamiseen siten sovelleta kaivoslakia vaan maa-aineslakia. Toisaalta, kallioperässä olevan nikkelin tai kullan hyödyntämiseen ei voida soveltaa maa-aineslakia, sillä edellä mainitut mineraalit lukeutuvat kaivoslain mukaisiin kaivosmineraaleihin ja ovat siten kaivoslain soveltamisalan piirissä. Kaivoslain mukaiset kaivosmineraalit on jaettu alkuaineisiin, mineraaleihin ja kivilajeihin. Kivilajeista kaivoslakia sovelletaan marmorin ja vuolukiven etsintään ja hyödyntämiseen. Muiden kivilajien ottotoimintaa säätelee maa-aineslaki (555/1981).

## 2§ Lain soveltamisala

Tässä laissa säädetään kaivosmineraaleja sisältävän esiintymän etsinnästä ja hyödyntämisestä, kullanhuhdonnasta valtion omistamalla alueella ja näihin liittyvän toiminnan lopettamisesta sekä kaivostoimituksesta.

Tässä laissa tarkoitettuja kaivosmineraaleja ovat:

- 1) alkuaineista aktinium, alumiini, antimoni, arseeni, barium, beryllium, boori, cesium, elohopea, fluori, fosfori, gallium, germanium, hafnium, hopea, indium, iridium, kadmium, kalium, kalsium, koboltti, kromi, kulta, kupari, lantanoidit, litium, lyijy, magnesium, mangaani, molybdeeni, natrium, nikkeli, niobi, osmium, palladium, platina, radium, rauta, renium, rikki, rodium, rubidium, rutenium, seleeni, sinkki, skandium, strontium, tallium, tantaali, telluuri, tina, titaani, torium, uraani, vanadiini, vismutti, volframi, yttrium ja zirkonium ja näitä alkuaineita sisältävät mineraalit;
- 2) mineraaleista andalusiitti, apatiitti, asbestimineraalit, baryytti, bauksiitti, bentoniitti, berylli, dolomiitti, flogopiitti, fluoriitti, grafiitti, granaatti, ilmeniitti, kalsiitti, kaoliini, korundi, kvartsi, kyaniitti, leusiitti, maasälpä, magnesiitti, muskoviitti, nefeliini, oliviini, pyrofylliitti, rutiili, sillimaniitti, skapoliitti, talkki, timantti, vermikuliitti, wollastoniitti ja muut jalokivet;
- 3) kivilajeista marmori ja vuolukivi.

Tätä lakia sovelletaan lisäksi 19§:ssä tarkoitetun kaivosalueen kallio- ja maaperään kuuluvien aineiden hyödyntämiseen.

Lähde: Kaivoslaki<sup>66</sup>

66 Kaivoslaki 621/2011. Finlex. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110621>

Sovellettaessa kaivoslakia, on syytä pitää mielessä, että kaivoslain säännökset eivät sivuuta muuta lainsäädäntöä. Tämä tarkoittaa, että kaivosviranomaisen ratkaistaessa esimerkiksi kaivoslain mukaista lupa-asiaa tai toiminnanharjoittajan harjoitettaessa kaivostoimintaa, on viranomaisen sekä toiminnanharjoittajan sovellettava sekä noudatettava myös muuta voimassa olevaa lainsäädäntöä, esimerkiksi ympäristönsuojelu- tai luonnonsuojelulakia.

Kaivoslain mukaisia lupia ovat muun muassa malminetsintälupa, kaivoslupa ja kaivosturvallisuuslupa. Lisäksi kaivoslain nojalla alue voidaan varata malminetsintäluvan valmistelun ajaksi. Kyseessä ei tällöin ole kuitenkaan lupa vaan lähinnä kaivoslain mukainen etuoikeus malminetsintäluvan toimittamiselle.

Suomen kaivoslainsäädäntö perustuu ns. valtausjärjestelmään, joka perustuu ajatukselle siitä, että esiintymän löytäjällä on oikeus hyödyntää löytämänsä esiintymän. Suomen mallissa myös tunnustetaan maanomistajan periaatteellinen oikeus kaivosmineraaleihin. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että etuoikeus esiintymän hyödyntämiseen on sen löytäjällä ja maanomistajalla on oikeus saada esiintymän hyödyntäjältä korvaus esiintymän hyödyntämisestä.

Valtausjärjestelmää voidaan perustella lähtökohtaisesti sillä, että hyödynnettävän esiintymän paikallistaminen edellyttää malminetsintää, joka vaatii suorittajaltaan erityisosaamista ja merkittäviä taloudellisia resursseja. Koska vain yksi tuhannesta valtauksesta/malminetsintäluvasta etenee kaivoshankkeeksi, sisältää toiminta huomattavia taloudellisia riskejä. Ottaen huomioon malminetsinnän vaatimat taloudelliset sekä henkiset resurssit, ei kiinteistön omistajat pystyisi suorittamaan maallaan tehokasta malminetsintää. Valtausjärjestelmä, jossa esiintymän löytäjä saa taloudellista hyötyä esiintymän paikallistamisesta, johtaa tarkoituksenmukaiseen ja tehokkaaseen malminetsintään.

Koska esiintymän paikallistaminen vaatii suuria ajallisia sekä taloudellisia panostuksia, on esiintymän hyödyntämisoikeuden suojaaminen otettu kaivoslaissa huomioon tavoin, jotka luovat esiintymän löytäjälle etuoikeuden esiintymän tutkimiseen ja lopulta hyödyntämiseen suhteessa kilpailijoihin.

Etsintätyöstä vastaava voi varmistaa etuoikeuden malminetsintälupaan kahdella tavalla, 1) varaamalla alueen varausilmoituksella tai 2) hakemalla ensimmäisenä alueelle malminetsintälupaa. Etuoikeuden esiintymän hyödyntämiseen luo voimassa oleva malminetsintälupa.

Pääsäännön mukaan kaikissa kaivoslain mukaisissa hakemusasioissa toimivaltainen viranomainen on kaivosviranomainen eli Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). Eräissä

tapauksissa lupaviranomaisena toimii valtioneuvosto. Tällöin hakemus- ja lupa-asioista vastaava taho on työ- ja elinkeinoministeriö.<sup>67</sup>

**Kuva 15.** Kaiva.fi-sivustolle on koottu tietoa kaivostoimintaa keskeisesti ohjaavista säädöksistä sekä kaivostoimintaan liittyvistä yleisimmistä luvista ja muista hallinnollisista velvoitteista.<sup>68</sup>



### 5.3.2 Ympäristönsuojelulaki ja ympäristölupa

Seuraavassa yhteenvetoa ympäristönsuojelulaista ja ympäristöluvasta (lähde: Kaiva.fi-sivusto). Ympäristönsuojelulain tarkoituksena on

- 1) *ehkäistä ympäristön pilaantumista ja sen vaaraa, ehkäistä ja vähentää päästöjä sekä poistaa pilaantumisesta aiheutuvia haittoja ja torjua ympäristövahinkoja;*

67 Kaivoslaki. Kaiva.fi. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/lainsaadanto/kaivostoiminta/>

68 Kaivoslaki. Kaiva.fi. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/lainsaadanto/kaivostoiminta/>

- 2) *turvata terveellinen ja viihtyisä sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö, tukea kestävää kehitystä sekä torjua ilmastonmuutosta;*
- 3) *edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä sekä vähentää jätteiden määrää ja haitallisuutta ja ehkäistä jätteistä aiheutuvia haitallisia vaikutuksia;*
- 4) *tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena; sekä*
- 5) *parantaa kansalaisten mahdollisuuksia vaikuttaa ympäristöä koskevaan päätöksentekoon.*

Ympäristönsuojelulakia sovelletaan teolliseen ja muuhun toimintaan, josta aiheutuu tai saattaa aiheutua ympäristön pilaantumista. Lakia sovelletaan myös toimintaan, jossa syntyy jätettä, sekä jätteen käsittelyyn. Ottaen huomioon kaivannaisalan mahdolliset vaikutukset ympäristöön sekä sen, että toiminnasta voi syntyä jätettä, sovelletaan ympäristönsuojelulakia kaivannaisalan toimintaan. Kaivosjätettä koskevat ympäristönsuojelulain pykälät 111-115.

## 112 § Määritelmät

Tässä laissa tarkoitetaan:

- 1) kaivannaistoiminnalla kaivostoimintaa, sitä valmistelevaa tai siihen rinnastettavaa toimintaa, rikastamoa, kivenlouhimoa, muuta kivenlouhintaa, kivenmurskausta tai turvetuotantoa;
- 2) kaivannaisjätteellä kallio- tai maaperässä luonnollisesti esiintyvän orgaanisen tai epäorgaanisen aineksen irrotuksessa taikka sen varastoinnissa tai rikastuksessa syntyvää jätettä;
- 3) rikastuksella mineraalivarojen käsittelyä mineraalien erottamiseksi, ei kuitenkaan sulatusprosesseja tai metallurgisia prosesseja tai muita niihin rinnastettavia toimintoja;
- 4) kaivannaisjätteen jätealueella kaivannaisjätteen sijoittamiseen käytettävää aluetta;
- 5) suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavalla kaivannaisjätteen jätealueella kaivannaisjätteen jätealuetta, josta voi virheellisen toiminnan tai sen rakenteellisen vakauden tai siihen sijoitetun vaarallisen jätteen tai ympäristölle tai terveydelle vaarallisen kemikaalin vuoksi aiheutua merkittävää vaaraa terveydelle, omaisuudelle tai ympäristölle.

Valtioneuvoston asetuksella annetaan tarkempia säännöksiä kaivannaisjätteen jätealueen määrittelystä jätealueesta aiheutuvan vaaran sekä siihen sijoitettavien kaivannaisjätteiden alkuperän, laadun ja sijoittamisen keston perusteella. Valtioneuvoston asetuksella annetaan tarkempia säännöksiä myös jätealueesta aiheutuvan suuronnettomuuden vaaran arvioinnista. Valtioneuvoston asetuksella voidaan antaa tarkempia säännöksiä myös kaivannaistoiminnan, kaivannaisjätteen ja rikastuksen määrittelemiseksi.

Lähde: Ympäristösuojelulaki<sup>69</sup>

Ympäristönsuojelulain mukaan kaivostoiminta ja malmin tai mineraalin rikastaminen vaativat aina ympäristöluvan.

69 Ympäristönsuojelulaki 527/2014. Finlex. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140527#Pidp446897440>

Ympäristöluvassa lupaviranomainen antaa tarpeelliset määräykset

- 1) päästöistä, päästöraja-arvoista, päästöjen ehkäisemisestä ja rajoittamisesta sekä päästöpaikan sijainnista;
- 2) maaperän ja pohjavesien pilaantumisen ehkäisemisestä;
- 3) jätteistä sekä niiden määrän ja haitallisuuden vähentämisestä;
- 4) toimista häiriö- ja muissa poikkeuksellisissa tilanteissa;
- 5) toiminnan lopettamisen jälkeisestä alueen kunnostamisesta ja päästöjen ehkäisemisestä sekä muista toiminnan lopettamisen jälkeisistä toimista;
- 6) muista toimista, joilla ehkäistään tai vähennetään ympäristön pilaantumista tai sen vaaraa.

Lupamääräyksiä annettaessa otetaan huomioon

- toiminnan luonne
- alueen ominaisuudet
- toiminnan vaikutus ympäristöön
- ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoitettujen toimien merkitys
- tekniset ja taloudelliset mahdollisuudet toteuttaa em. toimet

Päästöraja-arvoa sekä päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten tulee perustua parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan.

Toimivaltainen viranomainen ympäristölupa-asioissa kaivostoimintaan liittyen on aluehallintovirasto.

Ympäristösuojelulain mukaisia valvontaviranomaisia ovat elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus sekä kunnan ympäristönsuojeluviranomainen.<sup>70</sup>

### 5.3.3 Kaivannaisjäteasetus

Kaivannaistoimintaa koskevassa ympäristöluvassa on annettava tarpeelliset määräykset kaivannaisjätteestä sekä toimintaa koskevasta kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmasta ja sen noudattamisesta. Kaivannaisjätteiden jätehuoltosuunnitelmasta määrätään tarkemmin kaivannaisjätteistä annetussa valtioneuvoston asetuksessa (190/2013). Kaivannaisjätteen jätealueen luvassa on annettava tarpeelliset määräykset jätealueen perustamisesta,

<sup>70</sup> Kaivostoiminta / Ympäristönsuojelulaki ja ympäristölupa. Kaiva.fi. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/lainsaadanto/kaivostoiminta/>

hoidosta, käytöstä poistamisesta ja jälkihoidosta sekä määräykset suuronnettomuuden vaaraa aiheuttavan kaivannaisjätteen jätealueen sisäisestä pelastussuunnitelmasta.<sup>71</sup>

EU komissio on julkaissut raportin koskien parhaita käytäntöjä kaivannaisjätteiden jätehuoltosuunnitelmissa.<sup>72</sup> Osana ympäristöministeriön rahoittamaa Kainuun ELY-keskuksen OHKE-hanketta ”Kaivannaisjätteiden hallinnan parhaat käytännöt ja tekniikat” tullaan laatimaan kansallinen ohje kaivannaisjätteiden jätehuoltosuunnitelmien laadintaan.

### 5.3.4 Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVA-laki)

YVA-lain tavoitteena on edistää ympäristövaikutusten arviointia ja yhtenäistä huomioon ottamista suunnittelussa ja päätöksenteossa sekä samalla lisätä kansalaisten tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia.<sup>73</sup>

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyllä tarkoitetaan menettelyä, jossa selvitetään ja arvioidaan tiettyjen hankkeen ympäristövaikutukset ja kuullaan viranomaisia ja niitä, joiden oloihin tai etuihin hanke saattaa vaikuttaa, sekä yhteisöjä ja säätiöitä, joiden toimialaa hankkeen vaikutukset saattavat koskea.

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyä sovelletaan YVA-lain liitteen 1 mukaan esimerkiksi seuraaviin luonnonvarojen ottoa ja käsittelyä koskeviin hankkeisiin:

- a) metallimalmien tai muiden kaivoskivennäisten louhinta, rikastaminen ja käsittely, kun irrotettavan aineksen kokonaismäärä on vähintään 550 000 tonnia vuodessa tai avokaivokset, joiden pinta-ala on yli 25 hehtaaria
- b) kiven, soran tai hiekan otto, kun louhinta- tai kaivualueen pinta-ala on yli 25 hehtaaria tai otettava ainesmäärä vähintään 200 000 kiintokuutiometriä vuodessa;
- c) asbestin louhinta tai laitokset, jotka käsittelevät ja muuntavat asbestia tai asbestia sisältäviä tuotteita
- d) uraanin louhinta, rikastaminen ja käsittely lukuun ottamatta koelouhintaa, koerikastamista ja muuta vastaavaa käsittelyä
- e) turvetuotanto, kun yhtenäiseksi katsottava tuotantopinta-ala on yli 150 hehtaaria

71 Kaivosala. Kaiva.fi. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/lainsaadanto/kaivostoiminta/>

72 [https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5a29b5e3-df3e-11e9-9c4e-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc\\_id=Searchresult&WT.ria\\_c=677&WT.ria\\_f=3029&WT.ria\\_ev=search](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5a29b5e3-df3e-11e9-9c4e-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=677&WT.ria_f=3029&WT.ria_ev=search)

73 Kaivostoiminta. Kaiva.fi. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/lainsaadanto/kaivostoiminta/>

- f) yli 200 hehtaarin laajuisen, yhtenäiseksi katsottavan alueen metsä-, suo- tai kosteikkoluonnon pysyväisluonteinen muuttaminen toteuttamalla uudisojituksia tai kuivattamalla ojittamattomia suo- ja kosteikkoalueita, poistamalla puusto pysyvästi tai uudistamalla alue Suomen luontaiseen lajistoon kuulumattomilla puulajeilla
- g) raakaöljyn tai maakaasun kaupallinen tuotanto

Lisäksi menettelyä sovelletaan muun muassa patoihin ja muihin rakenteisiin, kun padottu tai varastoitu vesimäärä tai vesimäärän lisäys on yli 10 miljoonaa kuutiometriä.

YVA-lain mukaan arviointimenettelyä sovelletaan lisäksi yksittäistapauksessa sellaiseen hankkeeseen, joka todennäköisesti aiheuttaa laadultaan ja laajuudeltaan, myös eri hankkeiden yhteisvaikutukset huomioon ottaen, merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Näin ollen menettely voi tulla kyseeseen myös muissa kaivannaisalaan liittyvissä hankkeissa.



#### Menettely<sup>74</sup>

- 1) Hankkeesta vastaava toimittaa arviointiohjelman yhteysviranomaiselle mahdollisimman varhaisessa vaiheessa.
- 2) Yhteysviranomaisen tiedottaa arviointiohjelmasta vaikutusalueen kuntien ilmoitustauluilla. Lisäksi kuulutus julkaistaan sähköisesti ja ainakin yhdessä hankkeen vaikutusalueella yleisesti leviävässä sanomalehdessä.
- 3) Yhteysviranomaisen pyytää arviointiohjelmasta lausunnot ja varaa mahdollisuuden mielipiteiden esittämiseen.
- 4) Yhteysviranomaisen antaa lausuntonsa arviointiohjelmasta. Lausunto on annettava hankkeesta vastaavalle kuukauden kuluessa lausuntojen antamiseen ja mielipiteiden esittämiseen varatun määräajan päättymisestä. Yhteysviranomaisen on lausunnossaan tarvittaessa todettava, miltä osin arviointiohjelmaa on tarkistettava.
- 5) Hankkeesta vastaava selvittää hankkeen ja sen vaihtoehtojen vaikutukset arviointiohjelman ja yhteysviranomaisen lausunnon pohjalta sekä laatii ympäristövaikutusten arviointiselostuksen. Arviointiselostus toimitetaan yhteysviranomaiselle sekä liitettävä hanketta koskeviin hakemusiakirjoihin siten kuin siitä erikseen säädetään.
- 6) Yhteysviranomaisen tiedottaa arviointiselostuksesta kuuluttamalla hankkeen todennäköisen vaikutusalueen kuntien ilmoitustauluilla. Kuulutus on lisäksi julkaistava sähköisesti ja ainakin yhdessä hankkeen vaikutusalueella yleisesti leviävässä sanomalehdessä.
- 7) Yhteysviranomaisen huolehtii siitä, että arviointiselostuksesta pyydetään tarvittavat lausunnot ja varataan mahdollisuus mielipiteiden esittämiseen.
- 8) Yhteysviranomaisen antaa lausuntonsa arviointiselostuksesta ja sen riittävydestä. Lausunto on annettava hankkeesta vastaavalle kahden kuukauden kuluessa lausuntojen antamiseen ja mielipiteiden esittämiseen varatun määräajan päättymisestä.
- 9) Arviointimenettely päättyy, kun yhteysviranomaisen toimittaa lausuntonsa hankkeesta vastaavalle.

74 Kaivosala. Kaiva.fi. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/lainsaadanto/kaivostoiminta/>

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus tekee päätöksen arviointimenettelyn soveltamisesta hankkeeseen, kun kyseessä on edellä mainittu yksittäistapaus.

YVA-lain tarkoittaman yhteysviranomaisena toimii elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

Hankkeen ympäristövaikutukset selvitetään YVA-lain mukaisessa arviointimenettelyssä ennen kuin hankkeen toteuttamiseksi ryhdytään ympäristövaikutusten kannalta olennaisiin toimiin.

Viranomaisen ei saa myöntää lupaa hankkeen toteuttamiseen tai tehdä muuta siihen rinnastettavaa päätöstä ennen kuin se on saanut käyttöönsä arviointiselostuksen ja yhteysviranomaisen siitä antaman lausunnon.

Hanketta koskevasta lupapäätöksestä tai siihen rinnastettavasta muusta päätöksestä on käytävä ilmi, miten arviointiselostus ja siitä annettu yhteysviranomaisen lausunto on otettu huomioon.<sup>75</sup>

---

75 Kaivosala. Kaiva.fi. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/lainsaadanto/kaivostoiminta/>

## 6 SWOT- kaivosjätteen hyödyntäminen

Seuraavassa käymme läpi kirjallisuuskatsauksessa ja haastatteluissa tunnistettuja kaivosten ja louhosten sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämiseen liittyviä haasteita ja mahdollisuuksia perinteisen SWOT-analyysin kautta. Kuvassa 16 alla on yhteenveto SWOT-analyysissä. Jäljempänä käymme läpi kunkin lohkon erikseen tarkemmalla tasolla.

**Kuva 16.** Yhteenveto SWOT-analyysistä.

<p><b>S</b></p> <p><b>VAHVUUDET</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sivukiveä ja rikastushiekkaa syntyy Suomessa paljon</li> <li>2. Rikastushiekan hyödyntämistä tutkittu paljon</li> <li>3. Paikallinen hyödyntäminen</li> <li>4. Laatu</li> <li>5. Läjiä sisältö tunnetaan</li> <li>6. Innovatiivisia ideoita runsaasti</li> </ol>	<p><b>W</b></p> <p><b>HEIKKOUEDET</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kaivokset sijaitsevat "väärissä paikoissa": kuljetuskustannukset</li> <li>2. Kysymys on vain rahasta</li> <li>3. Laatu ja saatavuus</li> <li>4. Kaivosjäte ei ole ydinliiketoimintaa</li> <li>5. Kysynnän määrä</li> <li>6. Lupa-asiat ja vastuukysymykset</li> <li>7. Suljettujen kaivosten materiaalit</li> <li>8. Ulkopuolisten pääsy kaivokselle</li> <li>9. Liian työlästä</li> <li>10. Liian monimutkaista startupeille</li> </ol>
<p><b>O</b></p> <p><b>MAHDOLLISUUDET</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Vähemmän sivukiveä</li> <li>2. Hyötykäytön lisääminen</li> <li>3. Laatu</li> <li>4. Sivukivi keskiöön</li> <li>5. Optimoidaan rikastusjäte</li> <li>6. Rikastushiekan ja sivukiven tehokkaampi hyödyntäminen</li> <li>7. Kaivoksen elinkaarenhallinta</li> <li>8. Suljetut kaivokset</li> <li>9. Markkinoiden tehostaminen</li> <li>10. Ekosysteemit</li> <li>11. Uudet innovaatiot</li> <li>12. Kaivosten vedet</li> </ol>	<p><b>T</b></p> <p><b>UHAT</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kaivosyhtiöt eivät innostu kaivosjätteen kierrätyksestä</li> <li>2. Kuljetuskustannukset liian suuri este</li> <li>3. Vastarinta kaivosten sivukiven subventiolle</li> </ol>

## 6.1 Vahvuudet

Seuraavassa käymme läpi tarkemmin kaivosten ja louhosten sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämistä tukevia vahvuuksia (strengths, S).

**Taulukko 4.** Tunnistettuja vahvuuksia

<b>S1. Sivukiveä ja rikastushiekkaa syntyy Suomessa paljon</b>	Vaikka kaivosjätteen suuri määrä on merkittävä ongelma, on se samalla myös iso mahdollisuus kehittää merkittävää liiketoimintaa erityisesti rikastushiekan hyödyntämisestä kotimaassa ja kansanvälisestikin.
<b>S2. Rikastushiekan hyödyntämistä on tutkittu paljon</b>	Mahdollisuuksia rikastushiekan hyödyntämiseen eri käyttökohteissa on Suomessa tutkittu laajasti viimeisten 10–15 vuoden aikana. Potentiaalisia menetelmiä on tunnistettu paljon ja tutkijat olisivat innokkaita lähtemään skaalaamaan ratkaisuja.
<b>S3. Paikallinen hyödyntäminen</b>	Sivukiveä ja rikastushiekkoja on perinteisesti hyödynnetty kaivoksen omassa rakentamisessa ja kaivostäytöissä. Paikallinen hyödyntäminen on järkevää, koska kuljetusmatkat pysyvät lyhyinä ja samalla säästetään neitseellisten materiaalien käyttöä kaivoksen alueella, mikäli sopivaa sivukiveä ja rikastushiekkaa on riittävästi saatavana.
<b>S4. Laatu</b>	Sivukiven ja rikastushiekan laatu riittää usein korvaamaan soran tai hiekan käyttöä. Parhaimmillaan laatu riittää jopa vaativimpiin infrakohteisiin tai tuotteiden raaka-aineeksi.
<b>S5. Läjien sisältö tunnetaan</b>	Uudemmissa kaivoksilla on yleensä hyvä tieto läjien sisällöstä.
<b>S6. Innovatiivisia ideoita runsaasti</b>	Esiselvityksessä on löydetty todella runsaasti innovatiivisia ideoita kaivosjätteen hyödyntämiseen.

## 6.2 Heikkoudet / haasteet

Esiselvityksessä tunnistettuja heikkouksia/haasteita (weaknesses, W) on koottu yhteen taulukossa 5 alla.

**Taulukko 5.** Tunnistettuja heikkouksia ja haasteita

<b>W1. Kaivokset sijaitsevat ”väärissä paikoissa”</b>	<p>Kaivokset sijaitsevat kaukana kasvukeskuksista, joissa sivukiven ja rikastushiekan kysyntä on suurinta. Tämä nostaa kuljetuskustannukset usein liian korkeaksi, varsinkin kun Suomessa on usein parempi laatuista kiveä saatavilla usein louhimalla lähempää infrakohdetta.</p> <p>Haastatteluissa nousi esille esimerkkinä Yara Siilinjärvi, jolla on runsaasti rakentamiskelpoista sivukiveä, mutta se on ”liian syrjässä”, vaikka Kuopioon on vain 20 km matka.</p>
<b>W2. Kysymys on vain rahasta</b>	<p>Kemia mahdollistaisi käytännössä koko kiviaineksen liuottomisen ja juuri halutun partikkelin saostamisen. Kysymys on loppupeleissä vain rahasta.</p>
<b>W3. Laatu ja saatavuus</b>	<p>Sivukivet ovat nimensä mukaisesti sivutuotteita eikä niitä ole yleensä valittu niiden ominaisuuksiensa takia kaivoksella. Ne eivät yleensä edusta parasta kivilaatua, vaan parempaa laatua saa edullisemmin ja lähempää (Suomen kallioperän ansiosta hyvää kiveä on usein lähellä). Sivukiven laatu ei aina riitä edes paikalliseen käyttöön. Infrarakentamisessa kelpoisuus-/laadulliset vaatimukset ovat tiukat. Uuden kiertotalousliiketoiminnan kannalta myös materiaalin tasalaatuisuus ja jatkuva saanti ovat tärkeitä tekijöitä. Kiven laadun mukaista ryhmittelyä tulisi myös lisätä, mikä voi vaatia erilaisia varastoalueita lisää. Tarvitaan myös rahoitusta/kannusteita tueksi sekä lisää tutkimusta, mutta vielä tärkeämpää on varmistaa, että tutkimustulokset viedään käytäntöön.</p>
<b>W4. Kaivosjäte ei ole ydinliiketoimintaa</b>	<p>Kaivos ei halua louhia sivukiveä enempää kuin on välttämätöntä, vaan pyrkii minimoimaan sen määrää. Sivukivi ei innosta kaivoksia, koska kaivosjäte ei ole ydinliiketoimintaa. Kaivosyhtiöt joutuvat myös pohtimaan, milloin hyvälaatuaista kiveä (geotekninen ja kemiallinen laatu) muodostuu ja kannattaako sitä varastoida odottamaan mahdollista hyötykäyttöä (voi muuttua jollain aikataululla jätteeksi).</p>
<b>W5. Kysynnän määrä</b>	<p>Suhteutettuna koko syntyvän sivukiven määrään tien rakentamiseen ei loppujen lopuksi kovin paljon kiviä kulu. Rikastushiekan osalta kaivattaisiin tarkempaa tietoa kaupallisesta potentiaalista / markkinoista.</p>

<b>W6. Lupa- ja vastuuasiat</b>	<p>Ympäristölupa on yleensä haettu kaivoksen varsinaista toimintaa ja sen prosesseja varten. Kynnys lähteä hakemaan uutta lupaa sivuvirtoja varten on korkea. Kaivannaisjätelainsäädäntö tuo omat haasteensa eikä toiminnan muuttaminen ole joustavaa.</p> <p>Ehdot, joilla kaivosalueelta saa kiveä ulos kuljettaa, ovat tiukat (ympäristösääntely). Samanlaisia tiukkoja rajoja ei aseteta kivilouhoksille, jotka louhivat kiveä infrarakentamiseen.</p> <p>Suljettujen kaivosten osalta lupa- ja vastuukysymykset mietittävä tarkkaan: kuka saa operoida, kuka vastaa jos tulee haittoja. Luvitusta tulisi helpottaa, jos pyritään edistämään esimerkiksi vanhojen kaivosten jätekasojen hyödyntämistä.</p>
<b>W7. Suljettujen kaivosten materiaalit</b>	<p>Jätteet ovat keskimäärin heterogeenisempiä ja kasat pienempiä vanhoilla kaivoksilla. Jäte on myös saattanut muuttua, jos se on ollut pitkään läjitettynä. Jos jäte olisi ollut taloudellisesti hyödynnettävissä, olisi näin myös tehty: paljonko on jäänyt rikastettava kaivosmineraalia jäljelle, kun on rikastettu vanhoilla tekniikoilla? Rikastamon pitäisi muuttaa prosessiaan, jos suljetun kaivoksen materiaalia. "Moni asia kulminoituu rahaan ja hyödynnettävyyteen."</p>
<b>W8. Ulkopuolisten pääsy kaivokselle</b>	<p>Vaikka startup- tai pk-yrityksillä olisi halua tutkia ja hyödyntää kaivannaisjätettä, niin isot kaivosjätit eivät halua päästää ulkopuolisia yrityksiä kaivosalueille.</p> <p>Kaivosyhtiöllä on aina kokonaisvastuu kaivosalueen turvallisuudesta – tästä ei voida tinkiä. Urakoitsijoiden toiminta on kuitenkin mahdollista, eli tämän ei pitäisi olla mahdotonta – insentiivi peliin!</p>
<b>W9. Liian työlästä</b>	<p>Jos joku lähtisi hyödyntämään sivukiveä, pitäisi ensin tehdä inventaari, missä sivukiveä on, onko se tasalaatuista ja mihin sitä voisi hyödyntää.</p> <p>Kaivosalueella pitäisi sivukiveä alkaa lajittelemaan ja läjittämään eri kasoihin (esim. erittäin rikkipitoinen kivi oma läjään). Huom. Tähän voi olla kaivokselle myös taloudellinen intressi: puhtaaksi sivukiveksi analysoitua sivukiveä voi saada luvalla läjittää alueelle, jonka pohjarakenteisiin ei kohdistu yhtä suuria vaatimuksia. Tällöin tullaan myös taloudellisiin intresseihin kaivosyhtiön puolelta. Lajittelu voi kannattaa, kunhan läjitysalueet eivät sijaitse liian kaukana toisistaan. Käytössä olevien toiminnanohjausjärjestelmien avulla voidaan lastaus ja kuljetus ohjata aina oikeaan paikkaan kyseisen materiaalin laadun mukaan.</p> <p>Kokonaisuutena ottaen työmäärään nähden jätteiden hyödyntäminen on melko pientä bisnestä, yhtiöiden päätyö on kuitenkin kaivostoiminta.</p>
<b>W10. Liian monimutkaista startupeille</b>	<p>Startup-yritykset ovat olleet silloin tällöin kiinnostuneita kokeilemaan rikastushiekka-alueiden hyödyntämistä. Kokeilut ja pilotit vaativat kuitenkin paljon erilaisia lupia (maanomistajan tai kiinteistön omistajan lupa, AVI:n koetoimintalupa jne.) ja pitää ilmoittaa paljon erilaista tietoa (mihin jäte sijoitetaan, viedäänkö materiaalia johonkin jne.). Tämä vie aikaa helposti 1–2 kk, jolloin innostus usein lopahtaa, vaikka innovatiivisia ideoita olisikin.</p>

**Kuva 17.** Yhteenvetoa aiemmassa tutkimuksessa tunnistetuista kaivannaisjätteiden hyödyntämiseen liittyvistä haasteista.<sup>76</sup>

Table 8. Challenges and bottlenecks identified in the workshop and categorized into groups.

<b>Challenges and bottlenecks</b>	
<b>Workshop results</b>	<b>Categorization</b>
✓ Non-core business	New value chains, partnerships
✓ Old mines optimize the recovery of certain metals	
✓ New mines take into account also the residue	
✓ Quality requirements of the whole chain	
✓ Need to manage the whole value chain	
✓ Importance of volume	
✓ Not all parts available for the value chain	
✓ Impurities in circular materials	Technological bottlenecks
✓ Characterization important; not enough knowledge	
✓ Technology needed for waste rock refinery	
✓ Heterogeneous material in old waste dumps	
✓ Secondary materials heterogeneity	
✓ Risks in opening old heaps	Environmental bottlenecks
✓ Legislation e.g. arsenic; environmental requirements	Institutional bottlenecks
✓ Process as in establishing a new mine	
✓ “Contaminated land” stigma	
✓ Environmental permits	
✓ REACH; difficult to register new flotation chemicals	
✓ Knowledge on mineralogy, metal concentration and market price	Economic bottlenecks
✓ Virgin material often cheaper than secondary	
✓ Material price	
✓ Costs versus quality	
✓ Pyrite, sulphur in excess; low markets	
✓ Investment costs	
✓ Building new process factory more expensive	
✓ Financing for start-up companies	
✓ Price of logistics	
✓ Knowledge on mineralogy, metal concentration and market price	Knowledge gaps

76 Kinnunen, P. (2019). Towards circular economy in the mining industry: Implications of institutions on the drivers and barriers to tailings valorization. Master's Thesis, Tampere University, May 2019. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/105734/1558009870.pdf>

## 6.3 Mahdollisuudet

Esiselvityksessä tunnistettuja mahdollisuuksia (opportunities, O) on koottu yhteen taulukossa 6 alla.

**Taulukko 6.** Tunnistettuja mahdollisuuksia

<b>01. Vähemmän sivukiveä</b>	<p>Sivukiven määrän vähentäminen on 90 % ratkaisusta. Sivukiven louhinta on iso kustannus eikä sitä louhita yhtään enempää kuin on välttämätöntä. Louhinnan suunnittelussa pyritään jatkuvasti erilaisin ratkaisuin minimoimaan sivukiven määrää.</p> <p>Kaivosliiketoiminnan näkökulmasta sivukivi on köyhää malmia. Se, mikä on sivukiveä, on loppupeleissä toimijan tekemä päätös, johon vaikuttavat raaka-aineiden hinnat, tuotantokustannukset, maksettavat royaltit ja verotus, kuten kaivosvero. Tehokkain tapa vähentää sivukiven määrää on varmistaa, että heikompaakin malmia kannattaa rikastaa ("pitääkö nikkeliä olla 0,43 % vai 0,41 % että kyseessä on malmi").</p>
<b>02. Hyötykäytön lisääminen</b>	<p>Kestävää kaivostoimintaa voidaan edistää kaivannaisjätteiden hyötykäytöllä, joka vähentää kaivannaistoiminnassa syntyviä jätevirtoja ja neitseellisten raaka-aineiden tarvetta.<sup>77</sup></p> <p>Hyötykäytön insentiivi on, että laatu ja määrä on tiedossa – uuden kivilouhimon luvitus on vaikeampaa ja vaikeampaa paikallisten vastustuksen takia. Tästä seuraa epävarmuus louhinnan alkamisesta – tähän saumaan pitää sivukiven käytöllä iskeä!</p> <p>Rikastushiekan osalta tavoitteena on vähentää jätteen määrää ja tuottaa samalla turvallisia, kestäviä ja kannattavia tuotteita rakennus- ja keraamiteollisuuden käyttöön.<sup>78</sup></p>
<b>03. Laatu</b>	<p>Geoteknisten ominaisuuksiensa puolesta jättemateriaalit voisivat useasti sopia korvaamaan niin maanrakentamisessa käytettävää soraa, hiekkaa ja mursketta, kuin myös muiden teollisuuden alojen tarvitsemia luonnonmineraaleja, kuten kvartsia.<sup>79</sup> Osalta kaivoksia löytyy inerttiä sivukiveä ja rikastushiekkaa, jolla pystyttäisiin korvaamaan neitseellisen materiaalin käyttöä.</p>

77 Karlsson, T. et al. 2018. Hituran ja Kevitsan kaivosten sivukivien käyttö maanrakentamisessa. GTK, työraportti 11 / 2018. [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11_2018.pdf)

78 Kinnunen, P. et al. (2018). Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. Materia 5, s. 54–59.

79 Karlsson, T. et al. 2018. Hituran ja Kevitsan kaivosten sivukivien käyttö maanrakentamisessa. GTK, työraportti 11 / 2018. [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11_2018.pdf)



<p><b>04. Sivukivi keskiöön</b></p>	<p>Tutkimalla ja mallintamalla sivukivi yhtä tarkkaan kuin malmi (oma "sivukivi-inventory") ja tekemällä sivukivelle oma louhintasuunnitelma ("ensi kuussa tulee x tonnia kiveä") voidaan sivukiven hyödyntämistä lisätä merkittävästi.</p> <p>Hyvän suunnittelun myötä sivukivien siirtelyä voidaan välttää ja säästää kustannuksia ja CO<sub>2</sub>-päästöjä ("jokaisen kiven paikka tiedetään, kun se tulee kuopasta").<sup>80</sup></p> <p>Sivukiven siirtely sinällään on harvinaista. Sitä tehdään lähinnä, jos kaivos laajenee niin, että vanhaa teollisuusaluetta joudutaan siirtämään.</p>
<p><b>05. Optimoidaan rikastusjäte</b></p>	<p>Rikastusjäte voidaan suunnitella etukäteen: "ei vain paras rikastus, vaan paras rikastusjäte".<sup>81</sup></p>
<p><b>06. Rikastushiekan ja sivukiven tehokkaampi hyödyntäminen</b></p>	<p>Rikastushiekkoja voidaan hyödyntää kaivosalueella kaivostäytöissä ja tunnelin tukemisessa (kovettuvat kaivostäytöt). Rikastushiekkoja voidaan tulevaisuudessa hyödyntää myös erilaisissa betonin tapaisissa rakennusmateriaaleissa.</p> <p>Case Keliberin hiekka ja lasi-/keramiikkateollisuus: Keliberin rikastushiekasta on tarkoitus tuottaa kvartsi- ja maasälpäjäkeet, joita voitaisiin käyttää lasiteollisuuden ja keraamisen teollisuuden raaka-aineena. Kertaalleen jauhettu rikastushiekka säästäisi energiaa ja luonnonvaroja.</p> <p>Case suopohjan parantaminen: Keliber on tutkinut rikastushiekan hyödyntämistä käytöstä poistetun suopohjan maanparannukseen. Rikastushiekka parantaisi maapohjan vedenläpäisevyyttä, vedenpysyvyyttä ja ilmastuvuutta.</p> <p>Case keraamiset laatat: Keliber on testannut rikastushiekasta erotetun hienojakoisen materiaalin käyttöä kierrätyslasijauheen ja vuorivillan kanssa keraamisen laattojen valmistuksessa. Aiheesta on tehty tieteellisiä julkaisuja, mutta teollinen tuotteistaminen puuttuu.</p> <p>Muita käyttökohteita: Keliber on testannut rikastushiekan käyttöä betoni- ja asfalttifierinä sekä laastien ja tasoitteiden täyteaineina. Rikastushiekkaa voidaan käyttää myös puutarha-/kukkamullan mineraaliaineena sekä esimerkiksi golfkenttien kasvualustaan. "Ideoita on rajattomasti".<sup>82</sup></p>
<p><b>07. Kaivoksen elinkaarenhallinta</b></p>	<p>Kaivostoiminta voidaan nähdä 10–100 vuotta kestäväenä projektina, jossa jo käynnistysvaiheessa suunnitellaan, mitä tapahtuu, kun kaivostoiminta loppuu. Käytön jälkeen maa-alue palaa alkuperäiseen käyttöön – tai parhaassa tapauksessa entistä ehompaa. Closing the Loop.</p>

80 Kauppila, T. (GTK) haastattelu 15.4.2021

81 Kauppila, T. (GTK) haastattelu 15.4.2021

82 Tanskanen, P. (Keliber) haastattelu 8.4.2021

<b>08. Suljetut kaivokset</b>	Kun metallien hinnat nousevat ja teknologiat kehittyvät, voi metallien talteenotto suljetuista kaivoksista tulla ajankohtaiseksi. Metallien ja sulfidien poistamisen jälkeen voi suljettujen kaivosten sivukivelle ja rikastushiekalle löytyä uusia käyttökohteita.
<b>09. Markkinoiden tehostaminen</b>	Kaivosjätteiden keräämistä voitaisiin edistää keräämällä tiedot tarjolla olevasta materiaalista yhteen tietokantaan / markkinapaikkaan.
<b>010. Ekosysteemit</b>	Kaivannaisjätteiden hyödyntäminen tarvitsee tuekseen yhteistyötä ja toimivia ekosysteemejä. Kiertotalouskeskuksen kehittämä Teollisten symbioosien toimintamalli ja Ekoteollisuuspuistojen verkosto voisivat tarjota tähän valmiita työkaluja ja kontakteja. Kaivosjätteiden hyödyntäminen tukisi myös kansallisen akkustrategian tavoitteita vastuullisesta raaka-ainetuotannosta.
<b>011. Uudet innovaatiot</b>	Esiselvityksessä tunnistettiin runsaasti kaivosjätteen hyödyntämiseen liittyviä innovaatioita, kuten energiavarastointi ("hiekk-akku") ja 3D-tulostus.
<b>012. Kaivosten vedet</b>	Jos jätemäärät vähenisivät kaivoksen alueella, niin peittämis- ja vesienkäsittelykustannukset pienenisivät. Vesiasioiden hyvä hoitaminen vaikuttaisi positiivisesti kaivostoiminnan mielikuvaan. Kaivosten vedet ovat myös potentiaalinen kohde arvokkaiden aineiden talteenotolle, kun teknologiat kehittyvät.

## 6.4 Uhat

Esiselvityksessä tunnistettuja uhkia (threats, T) on koottu yhteen taulukossa 7 alla.

**Taulukko 7.** Tunnistettuja uhkia

<b>T1. Kaivosyhtiöt eivät innostu</b>	Keskeinen uhkakuva on, että kaivosyhtiöt eivät innostu kaivosjätteen hyödyntämisestä, koska kaupallinen potentiaali on pieni ja yhtiöt haluavat keskittyä ydinliiketoimintaansa eli kaivostoimintaan.
<b>T2. Kuljetuskustannukset liian suuri este</b>	Esiselvityksen haastatteluissa kävi varsin selväksi, että sivukiven kuljetuskustannukset ovat suurin hidaste – tai este – sivukiven hyödyntämiselle. Optimaalisessakin tapauksessa, jossa kivi saataisiin ilmaiseksi ja kuljetusliikkeelle olisi tiedossa paluukuorma, maksimi kuljetusetäisyys sivukivelle on 60 km luokkaa. Tyypillisesti raja on 20–30 km. Infrakohteen urakoitsijan on edullisempaa perustaa oma louhos lähempänä kohdetta ja louhia ja kuljettaa sieltä kivi itse. Vaikka kuljetuskustannus putoaisi 30 % (esim. tuki kierrätysmateriaalin kuljetuksille), nostaissi se maksimi kuljetusmatkaa vain jonkin verran (esim. 40 km → 60–70 km). Kuljetusyrityksen edustajan mukaan ympäristöhokkuuden ja kuljetusjärjestelmien puolelta ei tähän yhtälöön löydy ratkaisua, ei edes täysin autonomisella liikenteellä tai kaluston voimalinjojen muuttamisella sähköisiksi. Paluukuljetusten osalta haasteena on, että tietty kalusto sopii vain tietyn tyyppisten kuormien kuljettamiseen (välipesut ym.).
<b>T3. Vastarinta kaivosten sivukiven subventiolle</b>	Mitä jos yhtäkkiä tuotaisiin kilpailtuun markkinaan huonolaatuista kiveä subventoituna? Maanomistajat ja kivilouhosten omistajat nousisivat varmasti vastustamaan tällaista ratkaisua. Lähiasukkaat sen sijaan todennäköisesti kannattaisivat kaukoratkaisuja. Voisiko louhintayrittäjä pyörittää toimintaansa kaivoksen kyljessä (symbioosi)?

## 7 Toimenpide-ehdotukset

Seuraavassa esiselvityksessä tunnistettuja mahdollisia toimenpiteitä kaivosten ja louhos-  
ten sivukivien ja rikastushiekan hyödyntämisen edistämiseksi.

### 7.1 Kaivannaisjätteiden jätehierarkia

Kaivannaisjätteiden hyödyntämistä voidaan tarkastella etusijajärjestyksen eli jätehie-  
rarkian tai ns. jätepyradimin kautta. Kuvassa 19 alla esiselvityksen pohjalta laadittu ”kai-  
vannaisjätteiden jätehierarkia”. Kaivos- ja kaivannaisalan tulee pyrkiä noudattamaan  
etusijajärjestystä.

**Kuva 18.** Kaivannaisjätteiden jätehierarkia. (Lähde: Jarkko Vesa 1.5.2021, Lakeuden Etappi pohjalta, [https://  
www.etappi.com/jateneuvonta/jatehierarkia-ohjaa-toimintaa/](https://www.etappi.com/jateneuvonta/jatehierarkia-ohjaa-toimintaa/))



#### Taso 1. Sivukiven ja rikastushiekan määrän vähentäminen

**Sivukiven määrän vähentäminen on 90 % vastauksesta**, totesi eräs haastateltu kaivos-  
alan edustaja. Hänen viestinsä oli, että koska loppupuleissa se, mikä on malmia ja mikä

sivukiveä, on taloudellinen päätös, tulisi kaivostuotannon kustannustaso pitää sellaisena, että mahdollisimman suuri osa ns. rajamalmista (rikkaan ja köyhemmän malmin rajalla oleva mineraali) kannattaa hyödyntää eli ”tehdään sivukivestä malmia”. Toisen näkemyksen mukaan sivukiven määrä ei kovin merkittävästi muutu cut off -rajaa säätämällä, ellei kyseessä ole iso pirotealmi.

### **Taso 2. Paikallinen käyttö kaivoksessa**

Toiseksi paras vaihtoehto on hyödyntää sivukiveä ja rikastushiekkaa paikallisesti kaivoksen omiin tarpeisiin, kuten nykyisin jo tehdäänkin. Näin vältetään sivukiven ja rikastushiekan kuljetuksesta aiheutuvat päästöt ja vähennetään neitseellisten luonnon varojen käyttöä esim. kaivoksen infran rakentamisessa tai kaivostäytöissä.

### **Taso 3. Jalostaminen tuotteeksi**

Kuten edellä on nähty, voidaan rikastushiekasta jalostaa raaka-ainetta erilaisten korkeamman jalostusasteen tuotteiden valmistukseen.

### **Taso 4. Raaka-aineeksi**

Kaivoksen mineralogiasta riippuen sivukivi ja rikastushiekka voi soveltua käytettäväksi esimerkiksi erilaisissa rakennuskohteissa (liikenneinfra, kiinteistöjen rakennus, maanparannus jne.), kuten edellä on kerrottu. Sivukiven ja rikastushiekan hyödyntämistä raaka-aineena kannattaa tarkastella erikseen, koska käyttötapaukset ovat hyvin erilaisia.

### **Taso 5. Läjitys**

Kaivainnaisjätteen jätehierarkian pohjalla on kaivannaisjätteen läjitys kaivosalueella. Loppusijoituksessa tulisi huomioida ympäristötekijöiden ohella myös mahdollinen tuleva hyödyntäminen (tieto läjien sisällöstä, hyödynnettävyyden kannalta suunniteltua läjien sisältö). Kun loppusijoitus tehdään laaduttain ja eri laatujen sijaintipaikan koordinaatit ovat tiedossa, voidaan niihin palata myöhemmin, kun tarvetta on.

## **7.2 Perustetaan yhteistyöfoorumi ja kansallinen sateenvarjohanke**

Kaivosten sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämistä on tutkittu Suomessa paljon, mutta lähinnä yksittäisissä tutkimushankkeissa tai yksittäisten yritysten/kaivosten näkökulmasta.

TOIMENPIDE-EHDOTUS: Suomeen tarvitaan poikkitieteellinen, yritys- ja tutkimusmaailman sekä julkisen sektorin (ministeriöt ja muut viranomaiset) yhteen kokoava yhteistyöfoorumi sekä kansallinen sateenvarjohanke, jonka puitteissa edistetään ilmiöpohjaisesti innovaatiota, yhteistyötä ja tiedonkulkua yritysten kesken (isot toimijat, pk-yritykset ja startupit) sekä yritysten, viranomaisten ja tutkimusmaailman yhteistyötä

Kansallinen yhteistyöfoorumi ja sateenvarjohanke tarjoaa mahdollisuuden tarkastella kaivannaisjätteiden hyödyntämistä laajemmassa kontekstissa, kuten osana kiertotaloutta, luonnon monimuotoisuutta, biodiversiteettiä jne. Kaivannaisjätteiden tehokkaampi hyödyntäminen edistää myös kansallisen akkustrategian tavoitteita. Yhteistyön avulla voidaan luoda kokonaiskuva kaivosten sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämisestä osana mineraalipolitiikan päätöksentekoa. Yhteistyöfoorumilla ja kansallisella sateenvarjohankkeella on myös merkittävä viestinnällinen potentiaali alan toimijoiden näkökulmasta. Yhteistyöhön on tärkeä ottaa mukaan myös infrapuolen sekä maa- ja kiviainespuolen toimijoita.

”On pakko sanoa, että puuttuu tavallaan yhteistyöfoorumi, jonka puitteissa voitaisiin laajemminkin katsoa, että mitä voitaisiin todella hyödyntää. Välillä tuntuu kuin yrittäisi narulla työntää, että saataisiin sivukiveä hyötykäyttöön. Meidän pitäisi kyetä katsomaan tätä kansallisesti, sen sijaan, että neitseellisiä harjuja tai muita lähteitä ensimmäisenä lähdetään käyttämään. Pelkästään taloudellisesti katsoen pitäisi saada tarve ja tarjonta vielä paremmin kohtaamaan. Tämä on vähän hankala asia. Meilläkin on tiettyjä kohteita, tuttuja yrityksiä, jotka ottavat yhteyttä, mutta se on hyvin paljon case-by-case. Siitä puuttuu sellainen järjestelmällisyys asiaan lähestymiseen. Toisaalta, jos meillä olisi riittävän pitkäaikainen näkemys [kysynnästä], niin voitaisiin ehkä jonkin verran ohjata siihen suuntaan, että näitä saataisiin paremmin myös käyttöön.” Erään kaivosyhtiön edustajan näkemyksiä haastattelussa

## 7.3 Taloudelliset ja lainsäädännölliset keinot

Esiselvityksessä on kerätty alan toimijoilta ja muista lähteistä esimerkkejä taloudellisista tai lainsäädännöllisistä keinoista vauhdittaa kaivannaisjätteiden hyötykäyttöä. Yhteenvedo tunnistetuista keinoista löytyy taulukosta 8 alla. Värikoodi keinon kohdalla kertoo, miten haastatteluissa kyseisen keinon vaikutukset koettiin kaivannaisjätteiden (tai koko kaivos-teollisuuden) näkökulmasta.

**Taulukko 8.** Taloudellisia ja lainsäädännöllisiä keinoja kaivannaisjätteiden hyödyntämisen vauhdittamiseksi

Keino	Alue	Kuvaus	Kommentit
<b>Investointituki</b>	Taloudellinen tuki	Tuki kaivannaisjätteiden hyödyntämistä edistävälle investoinnille ("porkkanoita")	Tärkeä keino, jotta hankkeet saadaan käyntiin ja voitetaan "lepokitka"
<b>Julkiset hankinnat</b>	Lainsäädäntö	Velvollisuus ("ELY velvoittaa") selvittää kierrätysmateriaalien saatavuus alueella julkisten infrahankkeiden yhteydessä.	ELY:llä tieto sekä tarjonnasta (kaivosjätteet) että kysynnästä (tieinfran kohteet). Tiedonvaihto ELY:n sisällä tehokkaammaksi.
<b>Jätestatus / End-of-Waste</b>	Lainsäädäntö	Kaivannaisjätteen status muuttuu, jos se on pitkään läjitettynä	Jätestatuksen saaneen materiaalin "palauttaminen" työstä/mahdotonta
<b>Kaivannaisjätteen jätevero</b>	Verotus	Esimerkiksi Belgiassa on käytössä jätevero kaivannaisjätteelle	"Vero veisi pohjan kaivostoiminnalta Suomessa"
<b>Eriarvoisuuden poistaminen (kalliokiviaines tierakentamiseen)</b>	Lainsäädäntö / viranomaistyö	Luonnon kalliokiviainesta käytetään tienrakentamiseen, mutta sen laatua harvoin tutkitaan. Pitäisikö olla level playing field eli samat vaatimukset molemmille?	Suomessa kallioperän rikkipitoisuus voi olla korkeampaa kuin kaivostoimintaa ohjaavan pysyvän jätteen pitoisuusraja rikille
<b>Kaivosvero</b>	Verotus	Kaivosvero vaikuttaa yhtenä kustannustekijänä yhtälöön, jossa ratkaistaan, kuinka rikas/köyhä malmi kannattaa vielä hyödyntää. Pitämällä kaivosvero kilpailukykyisellä tasolla parannetaan mahdollisuuksia sivukiven hyödyntämiseen.	Teollisuuden viesti oli, että sivukivi on loppupeleissä taloudellinen määritelmä. Kustannustaso ml. verot vaikuttavat päätöksentekoon
<b>Kompensaatio</b>	Taloudellinen tuki Lainsäädäntö	Kompensaatiota luonnonsuojelulain osalta: hiilijalanjäljen kompensatiota sivukiven käytöllä.	Pitäisi huomioida osana lupaprosessia/investointia
<b>Kuljetustuki</b>	Taloudellinen tuki	Tuki kierrätysmateriaalin kuljetuksille erityisesti jos ne hoidetaan päästöttömästi	Kuljetusalan mukaan subventio ei ratkaise sivukiven suurinta haastetta eli korkeita kuljetuskustannuksia

Keino	Alue	Kuvaus	Kommentit
<b>Käyttö- tai sekoitevelvoite</b>	Lainsäädäntö (vrt. EU Green Deal)	Velvoite käyttää tietty osuus kierrätysmateriaalia esim. julkisissa infrahankkeissa	Sivukivien tuottajat pitivät tätä hyvänä tapana lisätä kysyntää
<b>Luvitus pilotoinneille</b>	Lainsäädäntö / viranomaistyö	Pilotointilupien saannin helpottaminen / nopeuttaminen	Erityisesti startup-yrityksille nykyinen prosessi hidas ja raskas
<b>Luvat sivuvirtojen hyödyntämiseen</b>	Lainsäädäntö / viranomaistyö	Ympäristöluvan hakua tai muuttamista sallimaan sivuvirtojen hyödyntämisen tulisi nopeuttaa ja helpottaa	Työmäärä sivuvirtojen kaupalliseen potentiaaliin nähden liian suuri
<b>Maa-ainesvero</b>	Lainsäädäntö	Vero luonnonvarojen käytölle. Tällainen vero nostaisi helposti kustannuksia siellä, missä ei järkevästi ole lähellä saatavana kelpoista sekundäärimateriaalia. Asiaan on käsitelty kansallisesti jo useita kertoja ja selvityksiäkin on tehty.	Jos neitseellisten luonnonvarojen käytölle olisi hinta, lisäisi se kierrätysmateriaalin kiinnostavuutta. Koska eri alueiden välillä on vaihtoehtoisen materiaalin saatavuudessa eroja ilmasto- ja kustannusmielessä, realistisempi vaihtoehto olisi se, että sekundäärimateriaaleja sallittaisiin aina tarjota (nyt usein poissuljettu jo tarjouskilpailussa) tai ainakin hankintoja suunnittelevan tulisi selvittää, onko mahdollista käyttää kierrätysmateriaalia ja jos ei, niin perustella, miksi näin.
<b>Markkinoiden tehostaminen</b>	Lainsäädäntö	(Kaivos)toimijat tulee velvoittaa raportoimaan kaivannaisjätteet keskitettyyn tietokantaan	Tuottajien intresseissä ei ole välttämättä ollut kertoa syntyvästä materiaalista
<b>Sanktio suuresta sivukivimäärästä</b>	Lainsäädäntö / verotus	Mennäänkö avolouhoksena vai maan alle? Jos avolouhos, sivukiven määrä kasvaa. Sanktio sivukivestä voisi vaikuttaa ratkaisuun.	On paljon kaivoksia, jotka ovat alkuun avolouhoksia, sitten mennään maan alle. Avolouhoksesta jää isompi jälki ("arpi") maisemaan.
<b>Subventio kierrätysmateriaalille</b>	Taloudellinen tuki	Taloudellinen tuki jo louhitulle kivelle	Aiheuttaisiko vastarintaa maaomistajien ja kiviainesteollisuuden puolelta (paljon pk-yrityksiä)
<b>Suljetut kaivokset</b>	Lainsäädäntö / viranomaistyö	Suljettujen kaivosten osalta vastuu- ja lupakysymysten selvittämistä tulisi helpottaa	Nykyinen tilanne monimutkainen mm. lainsäädännön osalta
<b>Tutkimus</b>	Taloudellinen tuki	Kaivannaisjätteiden hyödyntämistä on tutkittu paljon, mutta lisää tutkimusta tarvitaan	Erityistä huomiota tutkimustulosten viemiseen käytäntöön
<b>Verohelpotus rikastushiekan käytöstä</b>	Verotus	Quebecissä on ollut vuodesta 2014 alkaen vero läjitetylle kaivosjätteelle. Kaivosjätteen käyttö kaivostäyttöihin tuo verohelpotuksia.	vrt. kohta Kaivannaisjätteen jätevero



## 8 Keihäänkärkihankkeet

### 8.1 Case GTK: Sivukivien ”Tinder”

Esiselvityksen haastatteluissa esitettiin sivukivien ja rikastushiekan markkinoiden toiminnan tehostamista keskitetyn tietokannan ja markkinapaikan avulla. Tähän haasteeseen tarjoaisi GTK:n sivukivien ”Tinder” innovatiivisen ratkaisun<sup>83</sup>.

#### 8.1.1 Mineraalitalouden datainfran kehittäminen kestävyys- ja kiertotalouden näkökulmasta

Mineraaliset jätteet ovat Suomen ehdottomasti suurin jätevirta (67,4 % vuonna 2011; Mattila et al. 2011<sup>84</sup>). Sen hyödyntämisaste on alhainen, noin 11 % (jätelajien keskiarvo 33 %). Suurin mineraalisia jätteitä tuottava toimiala on maa- ja vesirakentaminen, mutta hyödykkeiden louhintaan perustuvat toimialat tuottavat yhteensä saman verran jätettä kuin sekin (n. 20 Mt/a). Kaivoslain piirissä oleva toiminta tuotti noin 14 Mt mineraalista jätettä vuonna 2011 (Mattila et al. 2011). Kaivosten louhinta on myös kasvanut huomattavasti vuoden 2011 jälkeen ja vuonna 2020 kaivosteollisuudessa tuotettiin lähes 67 Mt sivukiveä (Tukes: Vuoriteollisuustilasto 2020).

#### Jätekiven hyödyntämisen edistäminen ja jätekivien ’Tinder’

Kaivosalalla on käynnissä voimakas kehitys kohti kaivosten jatkuvan sulkemisen lähestymistapaa. Siinä kaivosalan nähdään projektina, joka tähtää nettopositiiviseen lopputulokseen, ns. positiivisen perintöön. Kaivoksen sulkemisen suunnittelu alkaa jo ennen toiminnan aloittamista ja kaivostoimintaa tehdään siten, että ympäristövastuita on avoimena kullakin hetkellä mahdollisimman vähän.

Suurimmat rahalliset säästöt ja potentiaaliset vähennykset hiilidioksidipäästöissä on saatavissa integroimalla sivukivien hallinta kaivossuunnitteluun. Tavoitteena on hyödyntää sivukivistä mahdollisimman suuri osa joko kaivoksen ulkopuolella tai itse kohteessa. Vain huonolaatuisin kiviaines päättyy sivukivialueille, joiden maastonmuoto ja sisäinen rakenne on

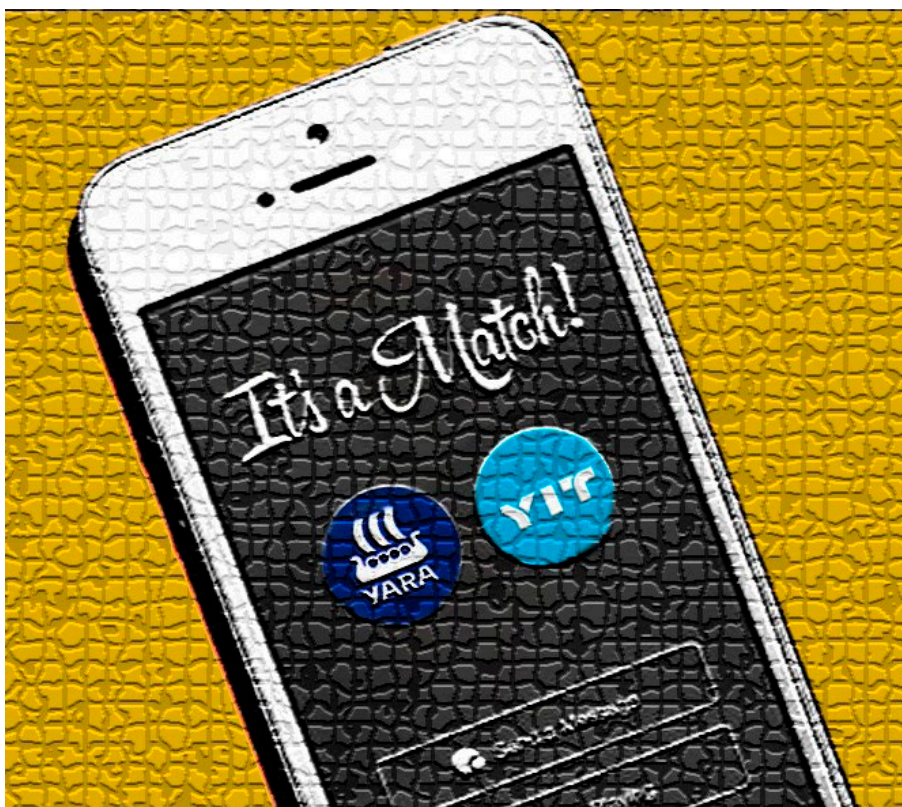
83 Kauppila, T., Nieminen, J., Eloranta, T. & Ahtonen, N. (GTK) 27.4.2021

84 Mattila, T., Myllymaa, T., Seppälä, J. & Mäenpää, I. 2011. Materiaalitehokkuuden parantamisen ja jätteiden vähentämisen ympäristöinnovaatioiden tarpeet. Ympäristöministeriön raportteja 2/2011. 61 s. ISBN 978-952-11-3837-9 (PDF)

ennalta suunniteltu geokemiallisesti stabiiliksi, säänkestäväksi, maisemaan sopivaksi ja jatkuvasti suljettavaksi. Varastokasoja ei ole – kiveä siirretään vain kerran, reaaliaikaiseen toiminnanohjaukseen perustuen.

Sivukivien hallinnan integrointia kaivoksen elinkaareen ja sivukivien kiertotaloutta voidaan tehostaa digitaalisella alustalla, jossa sivukiviä tuottavat kaivokset ja louhokset voivat kohdata kiviä hyödyntävät tahot (‘Tinder’). Edistyneimmässä tapauksessa kaivosalanke voi louhintasuunnitelmaansa perustuen tuoda tulevien kuukausien eri laatuisten sivukivien tuotannon markkinapaikkaan ja löytää kiville ostajan. Kaivos voi myös optimoida sivukivien hinnan ja tarjonnan sen mukaan, kuinka paljon kiveä kaivos itse tarvitsee.

**Kuva 19.** Kaivannaisjätteiden ‘Tinder’ edistäisi kysynnän ja tarjonnan kohtaamista. (Kuva: J. Vesa 2021)



### 8.1.2 Kaivosalan kestävyys edistäminen datainfrastruktuuria kehittämällä

Geologian tutkimuskeskus kokoaa tällä hetkellä kootusti tiedot Suomen mineraaliesiintymistä ja kaivoksista yhtenäiseen tietokantaan. Tietokanta sisältää laajasti tietoja mineraaliesiintymistä, mm. raaka-aineet ja niiden varannot, tiedot esiintymän geologiasta (isäntä- ja

sivukivet, mineraalit), sekä kaivoksien vuosittaiset louhintatiedot. Jätevirroista tietoa kerätään tällä hetkellä vain vuosittaisen louhitun sivukiven määrästä.

Mineraaliesiintymätietokantaan on suunniteltu laajennus kaivannaisjätteille ja kaivosympäristön hallinnalle. Tämä laajennus mahdollistaa kootun tiedonkeruun kaivoksen tuottamista jätejakeista (sivukivet, rikastushiekat), läjitysalueista ja jätteiden laadusta, määrästä ja koostumuksesta. Suunniteltu tietokantaratkaisu on kuitenkin kohdistettu lähinnä vanhojen kaivosalueiden tiedonkeruuseen. Tietokantaa laajentamalla voitaisiin tiedonkeruulottaa myös toimivien kaivosten sivumateriaalivirtoihin ja niiden tarkempaan seurantaan esim. kuukausitasolla.

Mineraaliesiintymätietokanta muodostaa hyvän pohjan, jonka päälle rakentaa nykyaikainen tiedonhallinta- ja jakeluratkaisu. Tallentamalla keskitetysti toimivien kaivosten sivumateriaalivirrat, reaaliaikaista tietoa voitaisiin esittää esim. karttapalvelussa tai koosteraportteissa, jotka ajettaisiin tietokannasta säännöllisesti. Tämän tyyppinen ratkaisu vaatisi rajapinnan myös tiedon tuottajapäähän; kaivokset voisivat syöttää tuotettujen sivuvirtojen määrän ja laadun rajapintaan, josta tieto siirtyisi GTK:n ylläpitämään tietokantaan ja siitä palveluihin materiaaleja hyödyntävien tahojen käytettäväksi.

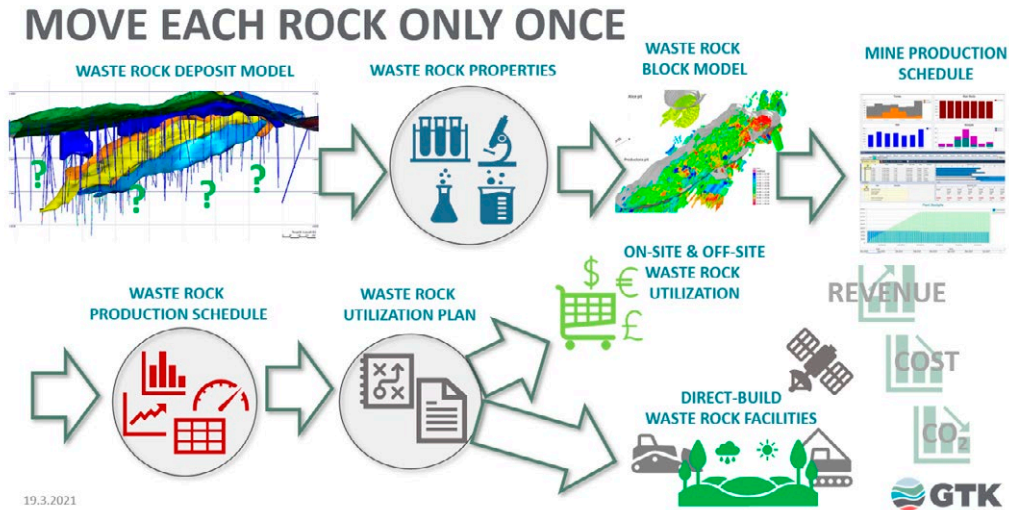
Tietokantaa voidaan hyödyntää usealla tavalla kestävän kaivostoiminnan ja kiertotalouden edistämisessä:

- Malminetsinnästä kertyvän esiintymävarannon hyödyntäminen kestävän kaivostoiminnan ja tulevien sukupolvien näkökulmasta
- Sivukivien hyödyntämisen tehostaminen ja jätekivien yksityiskohtaisen varantotiedon kerryttäminen (4D inventory)
- Rikastushiekkojen (3D) varantotiedon kerryttäminen (4D inventory)

Kaikki yllä kuvatut hyödyntämistavat edellyttävät kehittämistyötä sekä tietoinfrastruktuurin puolelta että kaivoksilla tapahtuvan datan keruun osalta. Lakisääteisillä datavirroilla ja kaivosviranomaisella on myös merkittävä kehittämisrooli kokonaisuudessa. Kyseessä on siis iso ja monialainen kehittämiskokonaisuus. Nykyistä datainfrastruktuuria ei myöskään ole tarkoitettu sellaisen markkinapaikan alustaksi, jossa organisaatiot vaihtavat tietoja luottamuksellisesti.<sup>85</sup>

85 Kauppila, T., Nieminen, J., Eloranta, T. & Ahtonen, N. (GTK) 27.4.2021

**Kuva 20.** Move each rock only once: varastokasoja ei ole – kiveä siirretään vain kerran, reaaliaikaiseen toiminnanohjaukseen perustuen. (Kuva: GTK 2021)



## 8.2 Case Keliber

Toinen esiselvityksessä tunnistettu potentiaalinen keihäänkärkihanke on Keliberin litium-kaivos- ja kemiantehdaskanke. Keliber voisi toimia ainutlaatuisena kaivosjätteiden kiertotalouden pilottihankkeena ja innovaatio-/kehitysalustana.

### 8.2.1 Kiertotalous on ollut suunnittelukriteeri alusta asti

Keliber on suomalainen erikoiskemikaali- ja kaivosyhtiö, jonka tavoitteena on tuottaa omasta malmista akkulaatuista litiumhydroksidia kansainvälisten akkumarkkinoiden tarpeisiin vuonna 2024. Keliberin litiumkaivos- ja kemiantehdaskanke on monessa suhteessa poikkeuksellinen ja houkutteleva pilotointikohde kaivosjätteiden kiertotalouden kehittämisessä, koska:

- kiertotaloutta päästään valmistelevaan jo kaivoksen suunnitteluvaiheessa, mikä on harvinaista, koska Suomessa ja muuallakin maailmassa uusia kaivoksia avataan harvoin
- Keliberin malmi on pegmatiittigraniittia, joka ei sisällä sulfideja eikä haitallisia metalleja
- rikastushiekka on vaaleaa, ympäristölle harmitonta kvartsi-maasälpä-hiekkaa
- valtaosa sivukivistä ei sisällä sulfideja eikä haitallisia metalleja

- kemiantehtaalla muodostuva liuotusjäte on kalsiittipitoista analsiimihiekkaa
- Keliberillä on jo meneillään kiertotalouteen ja sivutuotteiden kaupallistamiseen liittyvää tutkimus- ja kehitystoimintaa.<sup>86</sup>

Kaivosteollisuuden jätteiden käytöllä neitseellisten luonnon raaka-aineiden sijaan on monia etuja. Materiaalitehokkuus kasvaa, eikä uusia louhinnan aiheuttamia typpipäästöjä synny. Kun murskauksen ja jauhatuksen vaatimaa energiaa ei tarvita, ei synny myöskään CO<sub>2</sub>-päästöjä. Samalla toiminnan kannattavuus mahdollisesti kasvaa. Haittapuolena on usein se, että materiaalit sijaitsevat kaukana mahdollisista käyttökohteista, jolloin niiden hyödyntäminen ei useinkaan ole kannattavaa.

Keliber on alusta asti pyrkinyt kestävään kaivos- ja litiumkemikaalituotantoon ja toteuttanut myös sivuvirtojen hyödyntämistä sivuavia T&K-hankkeita. Alustavien arvioiden mukaan:

- rikastushiekasta on mahdollista jalostaa keraamisen teollisuuden raaka-aineita
- rikastushiekka soveltuu mm. betonin ja asfaltin täyteaineeksi ja laastin runkoaineeksi
- rikastushiekalle on potentiaalista käyttöä myös 3D-tulostetun betonin materiaalina
- kemiantehtaalla LiOH-prosessissa sivutuotteena syntyvää analsiimihiekkaa voidaan käyttää täyttömateriaalina Kokkolan sataman rakentamisessa
- analsiimihiekalle on mahdollista löytää käyttöä geopolymeeribetonin sideaineena
- sivukivellä on käyttöpotentiaalia lähialueelle rakennettavien tuulivoimapaisujen rakenteissa
- kuljetusyhtiökumppanin kanssa on keskusteltu mahdollisuudesta sähköistää rekkakuljetuksia.

## 8.2.2 Keliber kaivosjätteiden kiertotalouden pilottihankkeena ja kehitysalustana

Kansallisen kiertotalousohjelman näkökulmasta Keliberin litiumkaivos- ja kemikaalitehdashanke tarjoaisi erinomaisen pilotointi- ja kehitysalustan, jossa toimijat voisivat kehittää, testata ja tuotteistaa uusia ratkaisuja kaivoksen sivukiven ja rikastushiekan hyödyntämiseen innovatiivisissa tuotteissa ja käyttökohteissa.

<sup>86</sup> Keliber Oy, Pekka Tanskanen 21.4.2021



Konkreettinen yrityshanke toisi kiertotalousohjelmaan käytännön tekemistä, jossa eri toimijat yhdessä etsivät ratkaisuja kaivosjätteiden hyötykäyttöön, tavoitteena vähentää neitseellisten luonnonvarojen käyttöä. Louhitun ja murskatun rikastushiekan hyödyntäminen säästää energiaa ja luontoa. Hyödyntämällä kaivostoiminnan yhteydessä syntyvää sivukiveä ja rikastushiekkaa voidaan vähentää uusien kivilouhosten ja hiekanoton tarvetta Keski-Pohjanmaan alueella.

Keliberin on mahdollista nousta kansainvälisesti tunnetuksi ja tunnustetuksi uuden sukupolven vastuullisen kaivostoiminnan keulakuvaksi. Hankkeen yhteydessä kehitettävät teknologiat, prosessit, tuotteet ja konseptit voivat luoda pohjaa uudelle yritystoiminnalle ja uusille vientituotteille.

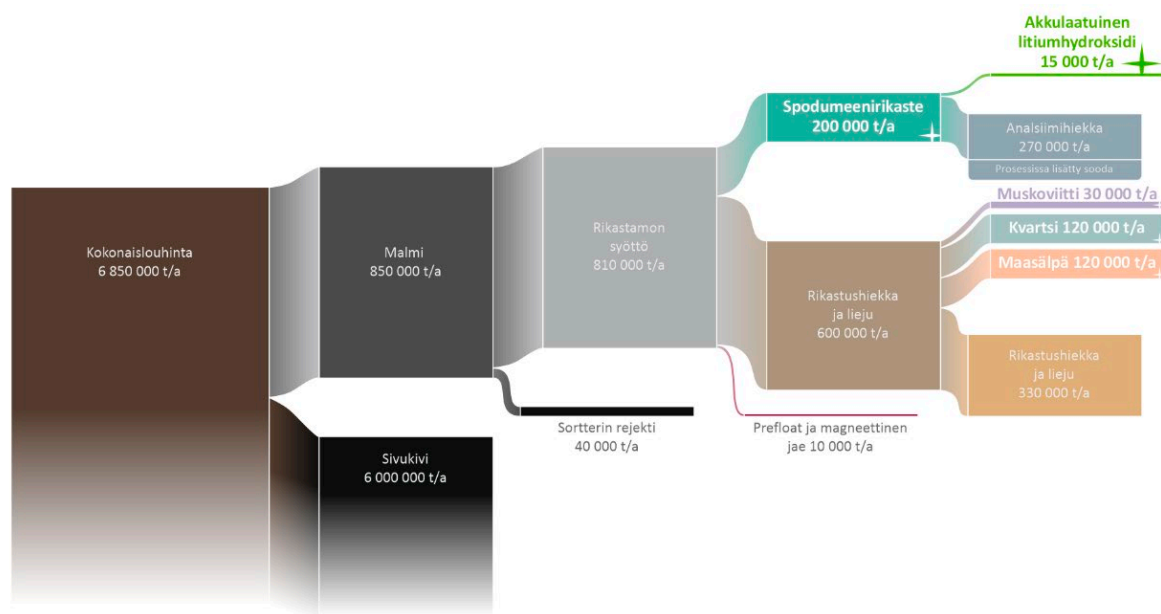
### 8.2.3 Keliberin pilottihankkeen kustannusarvio

Kaivosjätteiden kiertotalouden edistämiseksi sekä ratkaisujen skaalaamiseksi tuotannolliseen mittakaavaan Keliberin ympärille rakentuva kaivosjätteiden kiertotalouden kärkihanke edellyttäisi 2 miljoonan euron rahoitusta vuosille 2021–2024.

**Kuva 21.** Keliberin sivuvirroille on useita potentiaalisia käyttökohteita. (Kuva: Teemu Hujanen)



**Kuva 22.** Keliberin litiumhydroksidituotannon materiaalivirrat raaka-aineesta lopputuotteeksi ja potentiaalisiksi sivutuotteiksi. (Lähde: Keliber, 2021)



### 8.3 Case rikastushiekka 3D-tulostetun betonin raaka-aineena – jätteestä kiertotaloustuote

Kolmas potentiaalinen keihäänkärkihanke keskittyy rikastushiekan käyttöön 3D-tulostetun betonin raaka-aineena (Urban Infra Revolution, UIR). Rikastushiekkaa voidaan käyttää täyteaineena ja siitä voidaan muodostaa geopolymeeriä, jota voidaan 3D-printata.

Tulevaisuuden visiona on, että kaivokset ja rikastamot voitaisiin tulevaisuudessa printata hiekasta sen sijaan, että käytetään betonia. Tällaisen materiaalin hiilijalanjälki on vain 1/10 kiertotalousbetonin hiilijalanjäljestä. Betoni on myös myrkyllisempää kuin geohiekka. Rikastushiekka on tarkkaan tutkittua, sen sijaan luonnonhiekkoina on aina käytetty eikä niitä ole juurikaan tutkittu. Tällä menetelmällä voidaan tehdä teräsbetonin kaltaista materiaalia, jota voidaan valaa.

Yksi haaste rikastushiekan hyödyntämisessä on se, että kertaalleen jätteeksi määritellyn aineen palauttaminen takaisin tuotteeksi on kallista ja työlästä (vaativa dokumentointi), vrt. SWOT-analyysin haaste.

Menetelmää on kehitetty EU-rahoituksella ja konsepti todettiin testauksissa tavoitetasoon nähden toimivaksi. Seuraava vaihe olisi lähteä skaalaamaan menetelmää.

### 8.3.1 3D-printatut aurinkokeräimet entisille turvetuotannon alueille

Urban Infra Revolution (UIR) -hankkeen jatkoksi on valmisteltu projektia, jossa kehitetään ympäristöystävällisiä ratkaisuja muuttaa käytöstä poistuvia turvetuotantoalueita aurinkovoimaloiksi.

Aurinkokeräin-energiavoimalassa voidaan käyttää turvetuotannon laajoja alueita, jotka ovat hajautettu Fingridin eri osa-alueille. Voimalat voivat tänä päivänä olla jo luokkaa 50–300 MW. Turvesuon rakenteellinen kantokyky on rajallinen. Ratkaisuksi on tunnistettu geopolymeerien käyttö maan stabiloinnissa.

Geopolymeeristä voidaan 3D-printata myös ankkurit, aurinkokennojen runkorakenteet sekä vesienhallinnan putkistot, välpät ja käsittelyaltaat. Tämä säästää hiilidioksidipäästöjä 90–98 % verrattuna teräsbetoniin. 3D-printatut heijastavat runkorakenteet tuovat suorituskkyä yli 20 % lisää aurinkokennoihin. Geopolymeeri voi olla jopa 99,6 prosenttisesti kiertotaloustuote.

Hanketta varten on jo tunnistettu konsortio, jossa on mukana LUT-yliopisto (päähakija), Lappeenrannan Energia (voi olla myös päähakija) sekä tutkimuskonsortiossa mukana (sitoumuksetta) LUT, Apila Group (geopolymeerireseptit ja -tuotteet sekä vesienhallintateknologiat), Joutsenon Elementti (GRK-rakentaminen, geopolymeerituotteet), Nordkalk, Metso Outotec jne.

## 8.4 Case Helsinki-Tallinna-tunneli: 103 km pitkä kaivos

Kaivosten ja louhosten sivukiven näkökulmasta Helsingin ja Tallinnan välinen tunneli on mielenkiintoinen erikoistapaus. Toteutuessaan tunnelityömaa tuottaisi suunnattoman määrän kiveä merenpohjasta. Tunnelia kaivettaisiin reilut 100 km ja työn on arvioitu kestävän noin kaksi vuotta. Tunnelihankkeen ympäristöarvioinnit ovat käynnissä molemmissa maissa, kertoi YLE uutisessaan<sup>87</sup> helmikuussa 2021.

Tunnelin ohella on tarkoitus rakentaa pilvenpiirtäjiä ja muita rakennuksia keinotekoisille saarille tunnelin reitin varrelle. Tunnelin on arvioitu työllistävän 30 000 ihmistä kuuden vuoden ajaksi.

Huhtikuussa 2021 Suomi ja Viro allekirjoittivat yhteisymmärryspöytäkirjan maiden välisestä liikenneyhteistyöstä. Tunnelihanke mainittiin valtioneuvoston tiedotteessa:

87 [https://yle.fi/uutiset/osasto/news/helsinki-tallinn\\_tunnel\\_firm\\_to\\_set\\_up\\_research\\_centre\\_in\\_metals\\_mine/11799073](https://yle.fi/uutiset/osasto/news/helsinki-tallinn_tunnel_firm_to_set_up_research_centre_in_metals_mine/11799073)



”Helsinki-Tallinna-tunnelihanke todetaan yhteisymmärryspöytäkirjassa ainutlaatuiseksi tulevaisuuden hankkeeksi, joka edellyttäisi innovatiivisia toimia ja monipuolisia rahoituslähteitä. Yhdessä Rail Baltican kanssa se muodostaisi nopean pääsyn Keski-Eurooppaan.”

Finest Bay:n tavoitteena on rahoittaa tunneli- ja rakennusprojektit yksityisellä rahoituksella. Vuonna 2019 yhtiö teki aiesopimuksen 15 miljardin euron rahoituksesta kiinalaisen sijoitusyhtiö Touchstone Capital Partnersin kanssa. Saman vuonna yhtiö teki sopimuksen rakennushankkeesta kiinalaisen China Railway Group Limitedin (CREC) kanssa, kertoo YLE uutisessaan. Tavoitteena on, että tunneli olisi valmis jo vuoden 2025 alussa, mikäli tunnelin reitistä päästään yhteisymmärrykseen vuoden 2021 aikana.

Vertailun vuoksi, Tanska hyväksyi hiljattain suunnitelman rakentaa keinotekoiselle saarelle 10 GW offshore-tuulivoimalapuiston. Hankkeen kustannusarvio on 34 miljardia dollaria ja toteutuessaan se olisi suurin rakennushanke Tanskan historiassa.<sup>88</sup>

**Kuva 23.** Helsinki-Tallinna-tunnelihanketta esiteltiin huhtikuussa 2021 Euronewsin uutisissa. (Kuvat: Euronews)



Sivukivien ja rikastushiekan hyödyntämisen näkökulmasta tunnelihanke voisi toimia case-esimerkinä, miten kaivannaisjätteen hyödyntämistä voidaan suunnitella tunneliprojektissa. Tunnelin louhinnassa syntyvä kiviaines on monessakin suhteessa mielenkiintoista:

<sup>88</sup> <https://energypost.eu/denmark-approves-artificial-island-to-site-10gw-offshore-wind-hub/>

merenpohjassa tapahtuva kaivostoiminta on kuuma aihe<sup>89</sup>, matkalla on varmasti myös arvokkaita mineraaleja. Jos tunnelia varten louhittava kivi on hyvälaatuista, se vaikuttaa ”kierrätyskiven” tarjontaan. Tunnelia rakennettaessa voisi olla myös mahdollisuus hyödyntää esimerkiksi rikastushiekasta jalostettuja materiaaleja.

Keskusteluissa tunnelihankkeen vetäjän Peter Vesterbackan kanssa todettiin, että tunnelihankkeen kannalta kansallinen ”Circular Economy of Rocks” -ohjelma olisi mielenkiintoinen. Myös Kaivosteollisuus ry:n toimitusjohtaja Pekka Suomela piti tunnelihanketta alan näkyvyyden kannalta kiinnostavana mahdollisuutena.

---

89 <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/sahkoautojen-akkumineraaleja-voidaan-kai-vaa-4-6-kilometrin-syvyydesta-tyynenmeren-pohjalta-kanadalaisyhtio-pitaa-jarkevimpana/b5f55495-c69e-4257-8531-172b247212c9>

## 9 Johtopäätökset

Esiselvityksen viesti oli selvä: kaivannaisjätteiden hyödyntämisen tehostaminen on tärkeä teema, johon alan toimijoilla on halua ja kykyä tarttua. Sosiaalinen tilaus asialle on vahva, koska kaivosteollisuudella on kova paineet toimia kestävästi ja vastuullisesti. Toisaalta kaivannaisjätteiden tehokkaampi hyödyntäminen mahdollistaisi omalta osaltaan kansallisessa kiertotalousohjelmassakin peräänkuulutetun neitseellisten luonnonvarojen kulutuksen hillitsemistä. Samalla säästyisi myös energiaa ja hiilidioksidipäästöt pienenisivät, kun kertaalleen kaivettua ja murskattua kiviainesta hyödynnettäisiin. Puhumattakaan luonto-arvoista ja biodiversiteetistä.

Edellä esitelty SWOT-analyysi osoittaa, että vaikka sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämiseen liittyy paljon haasteita, tunnistivat alan toimijat vieläkin enemmän mahdollisuuksia. Kaivannaisjätteiden tehokkaampi hyödyntäminen on tavallaan ilmiö, joka odottaa toteutumistaan. Mahdollisuuksia on tutkittu ja menetelmiä on tunnistettu laajasti. Kuten eräs haastateltava totesi, kaikki on mahdollista – loppu riippuu vain rahasta. Valtiovallan tehtävänä on omilla toimillaan varmistaa, että kierrätysmateriaalin käyttö on houkutteleva vaihtoehto – joko käyttäen porkkanaa tai keppiä.

Kuten niin usein kiertotalouden liiketoimintamallien kohdalla, myös kaivannaisjätteiden hyödyntäminen joutuu taistelemaan perinteisen lineaarisen mallin kanssa. Suomen laadukas kallioperä tarkoittaa sitä, että Suomesta löytyy usein laadukasta kiviainesta louhittavaksi läheltä infra- ja muita rakentamiskohteita. Kaivokset sijaitsevat yleensä kaukana kasvukeskuksista, vaikka esiselvityksessä tunnistettiin tässä suhteessa useita kiinnostavia kohteita, kuten Kemi, Siilinjärvi ja Kaustinen. Tämä nostaa kuljetuskustannukset usein kynnyskysymykseksi sivukiven hyödyntämiselle, samoin kuin sivukiven laatu. Rikastushiekan osalta tilanne on parempi, koska laadukas hiekka kelpaa käytettäväksi useissa korkeamman jalostusasteen sovellutuksissa.

Kaivannaisjätteiden hyödyntämisen tehostamiseksi kaivataan yhteisen kansallisen tahtotilan muodostamista sekä laajempaa ja paremmin koordinoitua yhteistyötä. Myös kierrätysraaka-aineiden tarjonnan ja kysynnän kohtaamista pitäisi tehostaa. Taloudellisin ja lain-säädännöllisin keinoin voitaisiin myös tukea kaivannaisjätteen hyötykäyttöä, kuten edellä läpikäyty listaus osoittaa.

Työ- ja elinkeinoministeriölle olisi kaivannaisjätteiden hyödyntämisen edistämässä ja laaja-alaisen kansallisen yhteistyön synnyttämisessä tarjolla kättilön rooli, sillä kansallisen yhteistyön synnyttäminen vaatii aktiivisia toimenpiteitä. Vuosittain syntyvän sivukivi- ja rikastushiekkajätteen massa on valtava ja sen lepokitka on suuri. Tarvitaan työtä ja energiaa, jotta massat saadaan liikkeelle. Tässä työssä TEM yhdessä ympäristöministeriön, Kaivosteollisuus ry:n ja alan keskeisten toimijoiden (GTK, VTT, viranomaiset, yliopistot) on tärkeässä roolissa.

Sivukiven ja varsinkin rikastushiekan hyödyntämistä on tutkittu Suomessa paljon ja erilaisia pilottihankkeita on tehty runsaasti. Ajatus näitä hankkeita yhteen kokoavasta sateen-varjohankkeesta sai vahvaa tukea haastatteluissa. Haastatteluissa toivottiin kaivannaisjätteen hyödyntämisen edistämiseen ilmiöpohjaista tarkastelua, jotta eri toimijat isoista kaivosyhtiöistä pk- ja startup-yrityksiin saataisiin yhdessä kehittämään innovatiivisia ratkaisua ongelman, tai pikemmin haasteen, ratkaisemiksi.

Esiselvityksessä tunnistettiin useita innovatiivisia keihäänkärkihankkeita ja koottiin yhteen tietoa kaivannaisjätteiden hyödyntämiseen liittyvästä tutkimuksesta. Yrityksiltä löytyy ns. lapiovalmiita hankkeita, joissa tutkimushankkeissa kehitettyjä menetelmiä voitaisiin lähteä skaalaamaan teolliseen mittakaavaan. Työ- ja elinkeinoministeriö voisi ottaa yhdessä tekemisessä lennonjohtajan roolin: yritykset edistävät hankkeita yhdessä tutkimusmaailman kanssa, ministeriöt ja muut viranomaistahot poistavat esteitä hankkeiden tieltä ja varmistavat, että ihmiset ja ideat liikkuvat hankkeiden välillä.

Suomessa on tutkimushankkeissa jo tehty paljon työtä ratkaisujen kehittämiseksi esimerkiksi rikastushiekan hyödyntämiseen. Esiselvityksen ehkä positiivisin yllätys oli se, miten paljon kaivosten elinkaaren- ja kaivannaisjätteiden hallinnassa on tunnistettu mahdollisuuksia hyödyntää edistyksellistä tietotekniikkaa, kuten 3D-tulostusta, droneja, satelliittipaikannusta, antureita, 3D-mallinnusta ja vaativaa analytiikkaa. Kierrätysmateriaalien käyttökohteina nousivat esiin energiavarastot sekä aurinko- ja tuulivoimalat, joten voidaan puhua todellisista ”digivihreistä” hankkeista. Tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminnan näkökulmasta kaivannaisjätteiden hyötykäytön kehittäminen vaikuttaa olevan varsinainen kultasuoni.

## 10 Tehdyt haastattelut

1. Ahola Transport Oy, Mika Sorvisto (6.4.2021)
2. AVI, Sami Koivula (6.4.2021)
3. ELY Kainuu, Auri Koivuhuhta (7.4.2021)
4. ELY Lappi, Heino Vasara (21.4.2021)
5. GTK, Jouni Nieminen, Raisa Neitola, Asko Käpyaho (7.4.2021)
6. GTK, Soili Solismaa, Tommi Kauppila, Anna Tornivaara (15.4.2021)
7. GTK, Teemu Karlsson (20.4.2021)
8. Kaivosteollisuus ry, Pekka Suomela, Hanna Lampinen (19.4.2021)
9. Keliber Oy, Pentti Grönholm (30.3.2021)
10. Keliber Oy, Pekka Tanskanen (8.4.2021)
11. Metso Outotec, Janne Kauppi (9.4.2021)
12. Outokumu Chrome Kemi, Martti Sassi (27.4.2021)
13. Suomen Malmijalostus Oy, Matti Hietanen (24.3.2021)
14. SYKE, Sari Kauppi (6.4.2021)
15. Tapojärvi, Juha Koskinen (26.3.2021)
16. Tulikivi Oyj, Simo Kortelainen, Anssi Gröhn (15.4.2021)
17. Yara Suomi Oy, Antti Savolainen, Hanna Luukkonen (26.4.2021)
18. YIT Anne Piiparinen (6.4.2021)
19. Ympäristöministeriö Sirje Stén (26.4.2021)

# 11 Sanasto

## BAT

Best Available Techniques (parhaat käytettävissä olevat tekniikat)

## BEP

Best Environmental Practises (parhaat ympäristökäytännöt)

## Domestic material consumption (DMC)/ per capita

Kotimaan materiaalin kulutus / asukas [tonnia/asukas]. DMC lasketaan: kotimaan materiaalin otto + materiaalien suora tuonti – materiaalien suora vienti.

## ELY-keskus

Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

## Kaivannaisjäte [MWEI]

Jäte, jota muodostuu kallio- tai maaperässä luonnollisesti esiintyvän orgaanisen tai epäorgaanisen aineen irrotuksessa rikastamisessa, muussa jalostamisessa ja varastoinnissa. Kaivannaisjäte luokitellaan pysyväksi, tavanomaiseksi tai vaaralliseksi jätteeksi. Luokitteluperusteet ovat jätelaissa ja -asetuksessa sekä valtioneuvostonasetuksessa kaivannaisjätteistä.

## Kiviaines

Kiviainestuotannossa kiviainekset jaetaan jalostamattomiin ja jalostettuihin aineksiin. Jalostettu kiviaines on kalliosta tai sorasta murskattua ja tiettyyn raekokoon seulottua kiviainesta. Jalostamaton kiviaines on luonnosta sellaisenaan otettua seulomatonta kiviainesta.

## Louhe

Kalliosta yleensä räjäyttämällä irrotettu kiviaines.

## Louhimo

Kalliokiven ottamisalue, jossa irrotetaan tai louhitaan muita kuin kaivosmineraaleja siten, että kivi voidaan hyödyntää rakennuskiven, hautakiven tai muun vastaavan tuotteen raaka-aineena. Käytetään myös termejä kivenlouhimo, luonnonkivilouhimo ja rakennuskivilouhimo.

## **Louhos**

Kalliokiven ottamisalue, josta louhittua kiveä voidaan hyödyntää louheena tai murskeen raaka-aineena.

Luonnonolosuhteet Maa-aineslaissa luonnonolosuhteilla tarkoitetaan lähinnä pohja- ja pintavesioloja, lämpö- ja kosteusolosuhteita ja kasvien kasvupaikkatekijöitä. Niihin voidaan lukea myös eläinten lisääntymis- ja levähdyspaikat.

## **Luonnonsora**

Lähinnä harjuissa ja reunamuodostumissa esiintyvä lajittunut sora ja hiekka.

## **Maa-aines**

Maaperän kerrostuma, jota otetaan käytettäväksi mm. rakentamisessa tai rakennusmateriaalien raaka-aineena. Maa-aineslakia sovelletaan kiven, soran, hiekan, saven ja mullan ottamiseen. Luettelo ei ole geologinen eikä geotekninen vaan yleiskielinen. Maa-aineslakia sovelletaan siten kaikkien maa- ja kallioperän aineiden ja niiden sekoitusten ottamiseen turvetta lukuun ottamatta.

## **Murske**

Murskaustuotteiden yhteisnimitys. Murskeet jaetaan niiden valmistamiseen käytetyn raaka-aineen perusteella. Kalliomurske on kalliosta irrotetun louheen murskauksessa ja seulonnessa saatu kiviaines. Soramurske on someron tai soran murskauksessa ja seulonnessa saatu kiviaines.

## **Pysyvä kaivannaisjäte [MWEI]**

Pysyvänä kaivannaisjätteenä voidaan pitää Vna 190/2013 liitteen 1 mukaista jätettä, joka – ei hajoa tai liukene tai muuten muutu merkittävästi siten, että siitä voi aiheutua vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle; – jätteen sulfidirikipitoisuus – on enintään 0,1 prosenttia tai – se on enintään 1 prosentti ja neutralointipotentiaalisuhde, määriteltynä neutralointipotentiaalin ja hapontuottopotentiaalin välisenä suhteena testimenetelmän EN 15875 staattisen testin perusteella, on suurempi kuin 3; – jätteestä ei aiheudu itsesyttymisen vaaraa eikä se pala; – jätteen ja siitä erottuvan hienoaineksen sisältämien ympäristölle tai ihmisen terveydelle mahdollisesti haitallisten aineiden (erityisesti arseeni, kadmium, koboltti, kromi, kupari, elohopea, molybdeeni, nikkeli, lyijy, vanadiini ja sinkki) pitoisuudet jätteessä ovat riittävän alhaiset siten, että niistä aiheutuva vaara ympäristölle ja terveydelle on merkityksetön sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä; – mainittujen aineiden pitoisuuksia pidetään riittävän alhaisina ja niistä ympäristölle tai terveydelle aiheutuva vaara merkityksettömänä, jos ne eivät ylitä maaperän pilaantuneisuuden ja puhdistustarpeen arvioinnista annetussa valtioneuvoston asetuksessa (214/2007) tarkoitettuja arviointia edellyttäviä kynnsarvoja tai alueen ympäristön maaperän taustapitoisuuksia; – jäte ei käytännössä sisällä louhinnassa tai rikastuksessa käytettyjä aineita, jotka voivat aiheuttaa vaaraa tai haittaa ympäristölle tai ihmisen terveydelle. – ja sitä voidaan pitää pysyvänä jätteenä ilman erityistä testausta, jos toimivaltaiselle viranomaiselle saatavilla olevien tietojen tai käytössä olevien menettelyjen tai järjestelmien perusteella luotettavasti osoitetaan, että 2 kohdassa tarkoitetut perusteet on otettu riittävästi huomioon ja että perusteet täyttyvät.”

**Rikastusjäte**

Kiinteä tai lietemäinen jäte, joka jää jäljelle mineraalien rikastuksessa, jossa arvomineraalit erotetaan vähemmän arvokkaasta kiviaineksesta murskauksessa, jauhatuksessa, kokoerottelussa, vaahdotuksessa, muussa fysikaalis-kemiallisessa käsittelyssä tai muussa erotusprosessissa.

**Sivukivi**

Ylijäämäkivi

**YSL**

Ympäristönsuojelulaki

**YVA**

Ympäristövaikutusten arviointimenettely



## 12 Lähteet

- Aluehallintovirasto (AVI). 2013. Kittilän kaivoksen toiminnan laajentaminen ja ympäristö- ja vesitalousluvan tarkistaminen. Lupapäätös nro. 72/2013/1. [https://www.avi.fi/documents/10191/56958/psavi\\_paat\\_72\\_2013\\_1-2013-06-26.pdf/68dd28c2-8036-4107-9b17-01c0c5c87b76](https://www.avi.fi/documents/10191/56958/psavi_paat_72_2013_1-2013-06-26.pdf/68dd28c2-8036-4107-9b17-01c0c5c87b76)
- Benzaazoua, M. 2021. Cemented paste backfill: key issues related to durability and environmental behavior. Professor Mostafa Benzaazoua (Research Institute of mines and environment, RIME, Canada). Lecture 6.4.2021. <https://www.youtube.com/watch?v=gM4snB8pkOM>
- Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC109657>
- Kaivosten kokonaisnostosta valtaosa päätty jätteeksi. Tilastokeskus 27.3.2019. Viitattu 17.5.2021. <http://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2019/kaivosten-kokonaisnostosta-valtaosa-paatyy-jatteeksi/>
- Huhtinen, T. et al. (2018). Kiviaineshuollon kehittäminen. Ympäristöministeriön raportteja 13-2018. Viitattu 30.4.2021 <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4791-3>
- Kaivannaisjätteiden luokittelu pysyväksi. Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21/2011. Ympäristöministeriö. Haettu 23.4.2021. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37032/SY21\\_2011\\_Kaivannaisjätteen\\_luokittelu\\_pysyvaksi.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37032/SY21_2011_Kaivannaisjätteen_luokittelu_pysyvaksi.pdf)
- Kaivannaisjätteet. Ymparisto.fi-sivusto. Viitattu 17.5.2021. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus\\_ja\\_tuotanto/jatteet\\_ja\\_jatehuolto/jatehuollon\\_vastuut\\_ja\\_jarjestaminen/Kaivannaisjatteet](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/jatteet_ja_jatehuolto/jatehuollon_vastuut_ja_jarjestaminen/Kaivannaisjatteet)
- Kaivokset Suomessa. Kaiva.fi-sivusto. Haettu 17.5.2021. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/>
- Kaivosjätteistä voidaan tulevaisuudessa valmistaa sementin korviketta – rikastushiekan erottelu riippuu kannattavuudesta. Maaseudun tulevaisuus 30.4.2021. Viitattu 18.5.2021 <https://www.maaseuduntulevaisuus.fi/tiede-tekniikka/artikkeli-1.1384123>
- Kaivoslaki 621/2011, annettu Helsingissä 10 päivänä kesäkuuta 2011. Finlex. Viitattu 18.5.2021. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110621>
- Karhu, M. & Kivikytö-Reponen, P. (2020). Suunnitellaan jäte pois – kaivosteollisuuden sivuvirroista arvokasta raaka-ainetta. VTT 20.8.2020. Viitattu 18.5.2021 <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/suunnitellaan-jate-pois-kaivosteollisuuden-sivuvirroista-arvokasta-raaka-ainetta>
- Karhu, Marjaana; Lagerbom, Juha; Honkanen, Mari; Huttunen-Saarivirta, Elina; Kiilakoski, Jarkko; Vuoristo, Petri; Solismaa, Soili; Kivikytö-Reponen, Päivi. Mining tailings as a raw material for glass-bonded thermally sprayed ceramic coatings: microstructure and properties. Journal of the European Ceramic Society (2020), DOI: 10.1016/j.jeurceramsoc.2020.04.038
- Karhu, M., Lagerbom, J., Solismaa S., Honkanen, M., Ismailov, A., Räisänen, M.L., Levänen, E., Elina-Huttunen-Saarivirta, E., Kivikytö-Reponen, P. 2019. Mining tailings as raw materials for reaction-sintered aluminosilicate-ceramics: effect of mineralogical composition on microstructure and properties. Ceramics International. Available online 23.11.2018. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.11.180>
- Karinen, J. (2020). Kiertotalous ja sivuvirrat kaivannaisteollisuudessa. Blogi 4.2.2020 Lumen – Lappeen ammattikorkeakoulun verkkolehti. <https://blogi.eoppimispalvelut.fi/lumenlehti/2020/02/04/kiertotalous-ja-sivuvirrat-kaivannaisteollisuudessa/>

- Karjalainen, N. 2016. Uusiomateriaalien hyödyntäminen rikastushiekka-altaiden pintarakenteissa. Diplomityö, Oulun yliopisto. Haettu 17.5.2021. <https://www.uusiomaarakentaminen.fi/sites/default/files/Karjalainen%20Noora.%202016.%20Uusiomateriaalien%20hy%C3%B6dynt%C3%A4minen%20rikastushiekka-altaiden%20pintarakenteissa.%20Oulun%20yliopisto%2C%20Diplomity%C3%B6.%20139%20s.pdf>
- Karlsson, T., Kauppila, P., Lehtonen, M., Tiljander, M., Forsman, P. ja Forsman, T. 2018. Hituran ja Kevitsan kaivosten sivukivien hyötykäyttö maarakentamisessa. GTK, työraportti 11 / 2018. [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/11_2018.pdf)
- Kauppila, P. et al. 2011. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Suomen ympäristö 29 – 2011. [https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37056/SY\\_29\\_2011.pdf](https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/37056/SY_29_2011.pdf)
- Kauppila, P. 2017. KaiHaMe- Kaivannaisjätteiden hallintamenetelmät-projekti. KaiHaMe työpaja. 28.11.2017. Kuopio, GTK. [http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/KaiHaMe/\\_system/In\\_focus/Kauppila\\_KaiHaMe\\_esittely\\_Tyopaja\\_28112017.pdf](http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/KaiHaMe/_system/In_focus/Kauppila_KaiHaMe_esittely_Tyopaja_28112017.pdf)
- Kauppila, P. 2019. Esitys ASR tutkijaseminaarissa 23.10.2019. GTK, Rovaniemi.
- Keliber Oy. 2021. Viitattu 26.4.2021. <https://www.keliber.fi/tuotanto-ja-tuotteet/>
- Kiertotalousliiketoiminnan indikaattorit. Tilastokeskus. Viitattu 17.5.2021. <https://www.stat.fi/tup/kiertotalous/kiertotalousliiketoiminnan-indikaattorit.html>
- Kiertotalousliiketoiminnan indikaattorit, kokonaisjättemäärä ja jäteintensiteetti. Tilastokeskus 2020. Viitattu 17.5.2021. <https://www.stat.fi/tup/kiertotalous/kiertotalousliiketoiminnan-indikaattorit.html#jatteet>
- Kinnunen, P., Solismaa, S., Ismailov, A., Karhu, M., Lagerbom, J., Kivikytö-Reponen, P., Räisänen, M., Levänen, E. ja Illikainen, M. 2018. Kaivosteollisuuden rikastushiekkojen käyttö kemiallisesti sidostetuissa keraameissa. Materia, 5, 54–59. Haettu 18.5.2021. <https://vuorimiesyhdistys.fi/wp-content/uploads/2018/12/materia518.pdf>
- Kinnunen, P. (2019). Towards circular economy in the mining industry: Implications of institutions on the drivers and barriers to tailings valorization. Master's Thesis, Tampere University, May 2019. Haettu 19.5.2021. <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/105734/1558009870.pdf>
- Kivipelto (toim.) 2020: Opas kaivannaisjätteiden hallinnan MWEI BREF -vertailuasiakirjan parhaita käytökelpoisia tekniikoita koskevien päätelmien soveltamiseen. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162281>
- Kiventerä, J. 2019. Stabilization of sulphidic mine tailings by different treatment methods: heavy metals and sulphate immobilization. Doctoral Dissertation, University of Oulu. <http://urn.fi/urn:isbn:9789526223964>
- Malmilouhinnan määrä Suomen kaivoksissa 2020. Kaiva.fi-sivusto. Haettu 17.5.2021. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/>
- Materiaalien kierto kuvattuna Sankey-diagrammissa tilastovuodelta 2018. Tilastokeskus 2020. Viitattu 17.5.2020. <https://www.stat.fi/tup/kiertotalous/kiertotalousliiketoiminnan-indikaattorit.html#jatteet>
- Närä, P. 2018. Ilmankostean lentotuhkan varastointi ja hyötykäyttö sideainelietteen valmistuksessa. Opinnäytetyö, Insinööri (AMK), Tekniikka ja Liikenne, Tuotantotalouden koulutusohjelma, Lapin AMK.
- Official Statistics of Finland (OSF): Waste statistics [e-publication]. ISSN=2323-5314. 2018. Helsinki: Statistics Finland. Access method: [http://www.stat.fi/til/jate/2018/jate\\_2018\\_2020-06-17\\_tie\\_001\\_en.html](http://www.stat.fi/til/jate/2018/jate_2018_2020-06-17_tie_001_en.html)
- Poikela, K. 2019. Kiertotalouskeskus ja käytännön esimerkki kiertotalouden kehittämistoiminnasta. Kaivosseminaari 19, Vuokatti. 7.6.2019.
- Solismaa, S. & Kauppila, P. (2019). Geoblogi: Kierrätys, kiertotalous ja kaivosten rikastushiekat. GTK 28.1.2019. <http://geokatse.gtk.fi/2019/01/28/geoblogi-kierrätys-kiertotalous-ja-kaivosten-rikastushiekat/>
- Statistics Finland 17 June 2020. Amount of waste generated in 2018 returned to the level of 2016 – the share of waste recovered as material grew slightly. [http://www.stat.fi/til/jate/2018/jate\\_2018\\_2020-06-17\\_tie\\_001\\_en.html](http://www.stat.fi/til/jate/2018/jate_2018_2020-06-17_tie_001_en.html)

- Study supporting the elaboration of guidance on best practices in the Extractive Waste Management Plans – September 2019. [https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5a29b5e3-df3e-11e9-9c4e-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc\\_id=Searchresult&WT.ria\\_c=677&WT.ria\\_f=3029&WT.ria\\_ev=search](https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5a29b5e3-df3e-11e9-9c4e-01aa75ed71a1/language-en?WT.mc_id=Searchresult&WT.ria_c=677&WT.ria_f=3029&WT.ria_ev=search)
- Suunnitellaan jäte pois – kaivosteollisuuden sivuvirroista arvokasta raaka-ainetta. VTT 20.8.2020. Viitattu 17.5.2021. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/suunnitellaan-jate-pois-kaivosteollisuuden-sivuvirroista-arvokasta-raaka-ainetta>
- Tapojärvelle kansainvälinen kuonankäsittelyn innovaatiopalkinto. Tapojärvi 14.10.2021. <https://www.tapojarvi.com/tapojarvelle-kansainvalinen-kuonankasittelyn-innovaatiopalkinto/>
- Taskinen, A., Kauppila, P., Heino, N., Kurhila, M., Tiljander, M., Tornivaara, A. ja Korhonen, T. 2018. Kopsan Au-Cu-malmin arseenipitoisen rikastushiekan muokkaaminen ympäristökelpoisemmaksi rikastusteknisin menetelmin. GTK, työraportti 9/2018. [http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/9\\_2018.pdf](http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/9_2018.pdf)
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Tukes 2021. Haettu 17.5.2021. <https://tukes.fi/documents/5470659/6373016/Tilastotietoja+vuoriteollisuudesta+2020.pdf/c238be96-b1d4-19e9-95d3-fe054b5c8b11/Tilastotietoja+vuoriteollisuudesta+2020.pdf>
- Tuusjärvi, M.; Sarapää, O.; Tontti, M.; Ahtola, T.; Kinnunen, K.; Luodes, H.; Hyvärinen, J.; Virtanen, K.; Kallio, J.; Vuori, S. 2010. Geologisten luonnonvarojen hyödyntäminen Suomessa vuonna 2009. Summary: Geological resources in Finland, production data and annual report 2009. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti Geological Survey of Finland, Report of Investigation 188, 55 p.

# Kaivosten sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämismahdollisuudet – esiselvitys

Kaivannaisjätteet edustavat merkittävää osuutta kaikesta Suomessa vuosittain syntyvästä jätteestä. Esiselvitys kartoittaa sivukivien ja rikastushiekkojen hyödyntämisen mahdollisuuksia Suomessa. Kaivannaisjätteiden hyödyntämisen tehostaminen on tärkeä teema, johon alan toimijoilla on halua ja kykyä tarttua. Sosiaalinen tilaus asialle on suuri, koska kaivosteollisuudella on tarve toimia kestävästi ja vastuullisesti. Kaivannaisjätteiden tehokkaampi hyödyntäminen edistäisi kansallisessa kiertotalousohjelmassa peräänkuulutetun neitseellisten luonnonvarojen kulutuksen hillitsemistä.

Verkkojulkaisu  
ISSN 1797-3562  
ISBN 978-952-327-713-7

Sähköinen versio: [julkaisut.valtioneuvosto.fi](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi)  
Julkaisumyynti: [vnjulkaisumyynti.fi](http://vnjulkaisumyynti.fi)